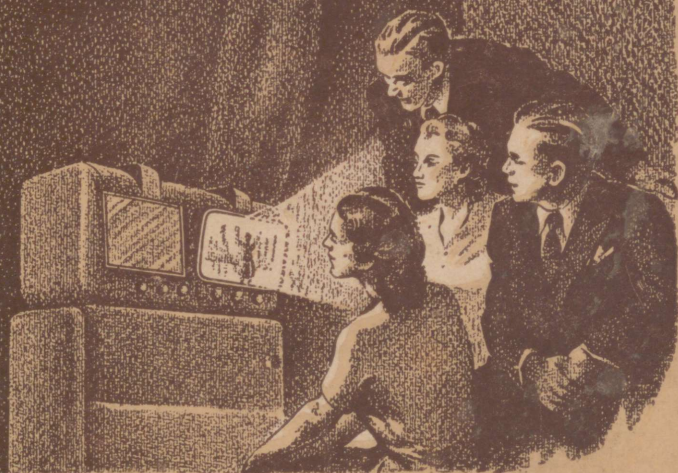


POPULAARTEADUSLIK
SARI

K. Gladkov

KAUG- NÄGEMINE



AKH

K. A. GLADKOV

KAUGNÄGEMINE



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1952

Originaali tiitel:

К. А. Гладков.

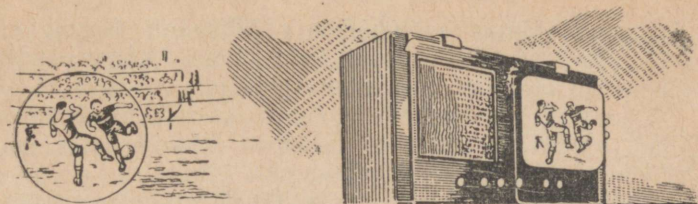
ДАЛЬНОВИДЕНИЕ

Государственное издательство
Технико-Теоретической литературы

Москва 1950 Ленинград

Tõlkinud E. Kangur

Tartu Ülikooli Raamatukogu
ARHIIVKOGU



I. MIS ON KAUGNÄGEMINE?

1. „VÖLUPEEGEL“

lidselt ajast peale on inimsugu kõik oma julgemad ja salajasemad unistused avaldanud muinasjuttudes ja legendides. Erilise rikkalikkuse, mõttejulguse ja sügava usu poolest ilusasse tulevikku paistavad välja vene rahva muinasjutud. Neis esineb niihästi imepärane lendav vaip, mis kannab sangareid võõramaisest vangipõlvest kodumaale kui ka kiirkäskjala erk kõrv, mis kuuleb rohu kasvamist; kindel nool, mis tabab salakavalat vaenlast kauge maa tagant; elustav ning imettegev vesi, mis otsekohe tervendab sõdalaste haavad. Neis leidub ka võlupeegel, mis võimaldab näha kõike, mis toimub laias maailmas.

Neis muinasjuttudes on väljendatud inimese püüded lennata kiiremini ja kõrgemale kui lind, kuulda paremini kui metsloom, näha terasemalt ja kaugemale kui kotkas, lüüa vaenlast mitte toore jõuga, vaid mõistuse ja taibukusega, võita alati loodust ja rakendada ta inimese teenistusse.

Paljud muinasjuttudes ülistatud asjad on muutunud tõelisuseks, veel ülevamaks kui muinasjutt ise. Imevaip on muutunud lennukiks, mis suudab tõsta õhku sadasid inimesi ja kümneid tonne kaaluvat koormat. Erk kõrv on muutunud raadioks. Ja võlupeegel... ka see on juba olemas. See on televiisor — aparaat kujutiste vastuvõtmiseks kaugusest. Välimuselt meenutab ta suurt raadiovastuvõtjat. Kui kustub valgus ja televiisor sisse lülitatakse, siis selle esiküljel hakkab helendama väheldane täisnurkne ekraan. Hetke pärast kandub pealtvaataja teatrisse. Ta näeb selgesti lummiknäitlejaid, kuuleb nende häält ja lavastuse muusikat.

Aparaadi võimas valjuhääldaja jäljendab täpselt näitleja hääle varjundeid või muusikariista helisid kõigis nende peensuses. Ei ole kuulda raadiovastuvõtjale nii tavalisi häireid.

Televiisori ekraanil võib näha äsja kinoteatris linastatud filmi, viimaseid uudiseid pakkuvat kinožurnaali ja muid sündmusi, mis paeluvad nõukogude inimesi.

Vaataja silmade ees on üks tähelepanuväärsemaid inimgeeniuse saavutusi. Kaugnägemine osutus võimalikuks vene teadlaste ja leidurite A. G. Stoletovi, A. S. Popovi, B. L. Rosingi, nõukogude korra ajal aga S. I. Katajevi, V. A. Gurovi, G. V. Braude, P. V. Šmakovi, P. V. Timofejevi, L. A. Kubetski ja paljude teiste tööde tõttu.

Sellest, kuidas inimene kaugest ja, nagu näis, teostamatust unistusest — imepeeglist — on jõudnud imetlusväärse aparadi loomiseni, mis võimaldab näha kauguste taha, jutustataksegi käesolevas brošüüris.

2. KUNSTLIK SILM

Kaugnägemisel, nagu paljudel teistelgi suurtel avastustel, on väga huvitav ja õpetlik minevik, kaasakiskuv olevik ja tulevik, millist tõepoolset on raske ette aimata. Paljud mõtlevad, et kaugnägemine on viimase aja leiutus. See ei ole aga nii. Kaugnägemise iga võib arvestada tublisti 70 aastale.

Teadlased ja leidurid töötasid juba ammuugi elektriaparaatide loomisel, mis võimaldaksid teostada sidet suurtel kaugustel. Pärast seda, kui õnnestus inimese kõnet telefoni abil edasi anda, tekkis julge mõte — ehitada aparaat, mis võimaldab näha kaugusesse samuti edasiantavate elektrisignaalide teel. Sellele mõttele juhtis üks tähelepanuväärne nähtus, mis avastati möödunud sajandi 70-ndail aastail.

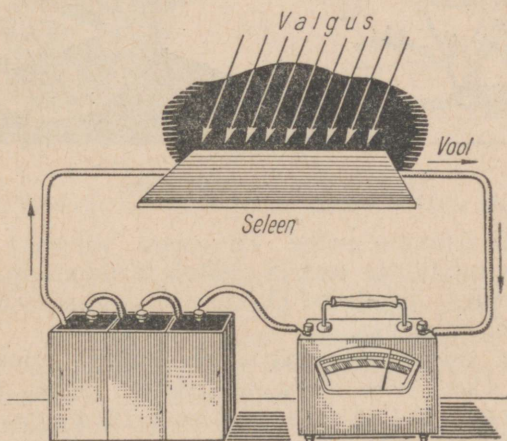
Mõõtes mitmesuguste materjalide elektrilist takistust, avastasid teadlased ootamatult, et seleenist — omadusilt metallidele lähedasest keemilisest aineksest — valmistatud juhe erineb kõigist teistest juhtmetest: seleeni takistus muutub märksa olenevalt sellest, kas ta on pimeduses või valguse käes. Piisab, kui juhtida seleenile tugev valgusekiir, ja tema elektriline takistus väheneb järsult ning teda läbib tunduvalt suurem vooluhulk kui pimeduses.

Seleeni nii ebatavaline omadus tekitas tolle aja teadlaste hulgas suurt huvi ja pani aluse uuele teadusharule, mis

uurib valguse toimel esilekutsutud elektrilisi nähtusi ehk fotoelektrilisi nähtusi.

Seleeni omadust muuta elektrilist takistust valguse mõjul hakati nimetama sisemiseks fotoelektriliseks efektiks ehk lihtsalt fotoefektiks. Seadist, milles ülalkirjeldatud katsetel kasutati seleeni, nimetati hiljem fotorakuks. Tavaliselt kujutab see endast õhutühja klaaskolbi asetatud väikest ja õhukest seleenplaadikest.

Sellise fotoraku ehitus- ja lülitusskeem on toodud joonisel 1.



Joon. 1. Seleenfotoraku tegevuse skeem.

Niipea kui seleeni uut omadust tundma õpiti, hakkasid tekkima igasugused, kohati kõige fantastilisemad „elektrilise nägemise“ või „kunstliku silma“ projektid. Esimesed sellesuunalised katsed olid üsna naiivsed. Näiteks püüti eseme kujutist juhtida seleenplaadi pinnale ja oodati, et õnnestub märgata plaadis mõnesuguseid muudatusi, mis võimaldaksidki teostada kujutise ülekannet kaugusse. Neist katsetustest aga ei tulnud midugi midagi välja. Seleen reageeris üksnes temale langeva valguse üldkõigusele, kuid mistahes, isegi kõige lihtsam kujutis koosneb suurest hulgast pinnaelementidest, mis erinevad nii heleduselt kui ka värvuselt.

Oli vaja lahendada ülesanne kuidagi teisiti, ning õpetla-

sed jõudsid peatselt jäeldusele, et kunstlik, „elektriline“ silm on vaja ehitada umbes samuti, nagu on ehitatud inimese silm.

Tuletame meelde, kuidas on ehitatud meie silm. Silm on peaaegu kerataoline keha, „muna“, mis koosneb mitmest kestast (joon. 2).



Joon. 2. Kuidas näeb silm.

Tihke läbipaistmatu valge värvusega väliskest kaitseb silma väliste mõjutuste eest ja säilitab ta ümmarguse kuju. Selle kesta külge kinnitatud lihaste abil võib silmamuna liikuda kolju silmakoopas.

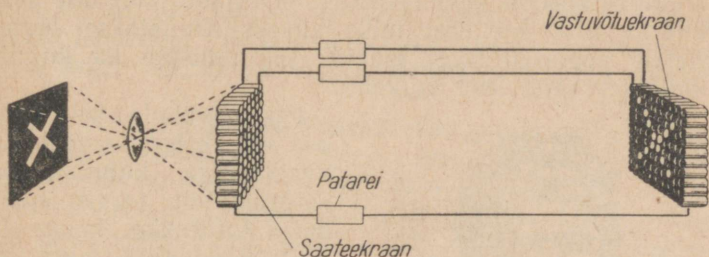
Väliskesta esiosa on läbipaistev ja seda nimetatakse sarvkestaks. Selle kesta all asetseb teine, värviline kest — vikerkest. Selle keskel on silmaava. Tugeva valgustuse juures silmaava väheneb, nõrga valgustuse juures aga suureneb, reguleerides seega silma sattuva valguse hulka.

Vahetult silmaava taga asetseb läbipaistev keha, mis kujult meenutab suurendusklaasi. See on silma lääts. See suunab vaadeldava eseme vähendatud kujutise silmamuna tagapõhja valgustundlikule sisepinnale — võrkkestale, samuti nagu fotoaparaadi objektiiv suunab pildistatava eseme kujutise fotoplaadile.

Võrkkest koosneb nägemisnärvi peenimaist harudest. Silmanärvi kiud ise ei ole valgustundlikud; nende kaudu vaid kandub ajju valgusärritus. Valgustundlikud on nägemisnärvi otsad, kolvikesed ja kepikesed, mis katavad üleni võrkkesta pinda.

On tähtis märkida, et nägemismuljed silma võrkkesta kõigilt tundlikelt elementidelt antakse peaaegu nägemisnärvi kaudu edasi kõik üheaegselt.

Soov luua „elektrisilma“, mis on ehituselt sarnane inimese silmaga, oli täiesti põhjendatud. Valgustundlik seleen näis olevat sobiv võrkkesta asendajaks; suurendusklaas töötas silmalääte taoliselt, nägemisnärvi aga võis katsuda asendada juhtmete kimbuga, mis annavad elektrisignaale fotorakkudelt edasi.



Joon. 3. Esimene seadis kujutiste ülekandmiseks kaugusesse.

Juba kaks aastat pärast fotoefekti avastamist esitati sellise seadise projekt kujutiste ülekandmiseks kaugusse (joon. 3). See pidi koosnema kahest suurest ekraanist: saate- ja vastuvõtuekraanist, elektripatareist ja neid omavahel ühendavate juhtmete kimbest.

Saatekraan koostati suurest hulgast üksikuist seleenfotorakkudest, mis olid asetatud meekärje taoliselt ridamisi. Selle ekraani pind oligi kunstliku silma „võrkkestaks“.

Vastuvõtuekraan koosnes niisama suurest hulgast elektrihõõglampidest, mis olid järjestatud samuti, nagu fotorakudki saatekraanil. Saatekraani iga seleenfotorakk oli üksikute juhtmete kaudu ühenduses oma lambiga vastuvõtuekraanil ja patareiga. Niiviisi võis vool kulgeda patareilt järjestikku läbi selle fotoraku ja talle vastava lambi.

See seadis pidi töötama nõnda: ülekantav kujutis — mõni üsna lihtne ja kergesti eristatav figuur (ring, rist, ruut jms.) juhitakse fotoobjektiivi abil saatekraani pinnale. Fotorakkude ühele osale langeb valgus kujutise kõige heledamatelt piirkondadelt; nende fotorakkude seleenplaatide takistus väheneb tugevasti ja neid läbiv elektrivool tugevneb järsult. Nende fotorakkudega ühendatud lambid süttivad heledasti põlema. Fotorakud, millele valgus langeb kujutise pisut tumedamatelt piirkondadelt, muudavad oma takistust vähe

ja neid läbiv vool ei tugevne märgatavalt; nendega ühendatud lambid vastuvõtuekraanil põlevad seepärast nõrgemini. Lõpuks — mõningaile fotorakkudele langeb valgus kujutise tumedatelt piirkondadelt; nendega ühendatud lambid põlevad väga nõrgalt või ei põle üldse.

Selliste heledalt ja tuhmilt põlevate ning tumedate lampide kombinatsioon loobki vastuvõtuekraanil kaugusse saadetava kujutise. Kui ese, mille kujutis suunatakse saatekraanile, aeglaselt edasi nihkub, siis muudab ka kujutis vastuvõtuekraanil oma asukohta.



Joon. 4. Üksikuist elementidest koostatud kujutise näide.

Et saavutada sel viisil kas või kõige madalama kvaliteediga kujutist, on paratamatult tarvis suurt hulka fotorakke, lampe ja neid ühendavaid juhtmeid, kuid ka väga suurte mõõdetega ekraani. Kui arvestada, et tolle aja elektrilampide ja seleenfotorakkude mõõted olid õige suured, nende kvaliteet aga üsna ebatäiuslik, siis on kerge mõista, miks esitatud seadis ei leidnudki praktilist rakendamist. Sellest hoolimata see esimene, olgugi et ebaõnnestunud katse — luua aparaat

kujutiste ülekandmiseks kaugustesse — osutas ikkagi oma teene. Tänu sellele oli avastatud üks kaugnägemise tähtsamaid aluseid: vajadus jaotada kogu kujutis võimalikult suuremaks hulgaks väikesteks piirkondadeks — elementideks. Igalt selliselt piirkonnalt peegeldunud valguse võis siis muuta üksikuiks elektrisignaaliideks, saata need juhtmete kaudu kaugusse ja muuta need signaalid vastuvõtuekraanil teatud heledusega valgustäppideks (joon. 4).

1878. aastal esitas prantsuse teadlane de Paivat kaugnägemisseadme uue projekti; selles oli nii vastuvõtuekraan kui ka „nägemisnärvi“ juba märksa lihtsustunud.

3. RÄNDLEV LAMP

Hakake käega kiiresti keerutama süüdatud taskulampi; kõik lambi üksikud asendid sulavad silmade ees ühtseks pidevaks valgusringiks. See toimub seepärast, et meie silm omab „nägemismälu“; ta on võimeline säilitama saadud muljet umbes kümnendiku sekundi vältel pärast valgusärrituse lõppemist. Seda silma eriomadust — säilitada mõnda aega nägemismuljet — nimetatakse silma inertsiks.

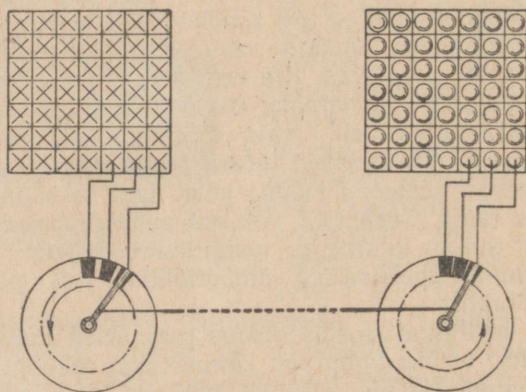
Silma inertsi juhtiski de Paivat' niisugusele mõttele: kui inimese silm on suuteline säilitama isegi hetkelist nägemispilti kümnendiku sekundi vältel, siis pole sugugi tarvilik, et vastuvõtuekraanil põleksid kõik lambid üheaegselt. Kui üksainus lamp võiks mingi seadise abil liikuda kümnendiku sekundi jooksul üle kogu ekraani, siis inimese silmale paistaks inertsi tõttu endiselt, et igas ekraani pesas põleb vastav lamp.

Mille poolest siis selline ühe rändleva või, õigemini, ühelt kohalt teisele hüpleva lambiga vastuvõtusüsteem on parem? Paremus seisab järgnevas. Kui eelmisel vastuvõtuekraanil põlesid üheaegselt kõik lambid, siis oli selleks saatja ja vastuvõtuekraani vahele vaja tõmmata nii palju juhtmeid, kui palju neis üksikuid fotorakke ja lambikesi leidis. Kuid de Paivat' süsteemi puhul põleb igal üksikul hetkel kõigest üks lamp. Seepärast võis mõlemad ekraanid ühendada ühe ainsa juhtmega, paigutades selleks mõlema ekraani juurde spetsiaalsed ümberlülitid, mis pöörlevad üksteisega taktis.

Kuid ka de Paivat' seadis osutus praktiliselt kõlbmatuks. Asi on selles, et üks lamp pidi kümnendiku sekundi jooksul jõudma peatuda kõigis pesades, milliseid võib olla mitusada. Mehhanism, mis võiks lambi nii hoogsalt mööda ekraani liikuma panna, peab olema äärmiselt keerukas ja kogukas. Veel enam — kui selline mehhanism olekski valmistatud, siis poleks see seadis niikuinii suutnud töötada. Selle põhjuseks on lamp ise. Ei hakka ju tavaline hõõglamp valgust kiirgama silmapilkselt pärast tema sisselüümist, vaid mõni hetk hiljem, mis on tarvilik selleks, et lambi traadike hakkaks hõõguma. Ta ei kustu samuti silmapilkselt — nõuab mõningat aega, et traat võiks jahtuda. Selline lamp ei jõuaks seepärast ei järsku süttida ega ka kustuda selle ime-

lühikese aja jooksul, millal ta vastuvõtuekraani ühe või teise pesa kontaktidesse lülitus.

Kolm aastat hiljem esitati teistsugune süsteem; selle vastuvõtuekraani pesades asetsevad uuesti liikumatud lambid, kuid süttima pidid nad järgimööda. Sellega muutus vastuvõtuekraan korruga lihtsamaks — polnud lambi kiireks pesast pesa liikumiseks vaja leiutada mehhanismi. Nagu de Paivat' süsteemiski, ühendas mõlemat ekraani üks juhe ja igal ekraanil olid pöörlevad ümberlülitid — kommutatorid (joon. 5). Kui esimeses ümberlülitis libises kontakt näiteks mööda viienda fotorakuga ühendatud plaati, siis teine ümberlülitis juhtis voolu viienda pesa juurde. Kuid sedagi kaugnägemise viisi ei saanud teostada tavaliste elektrilampidega. Alles 40 aasta pärast, 1927. aastal, ehitati esmakordselt selline süsteem, kuid ta vastuvõtuekraanil asetsevad juba hetkeliselt süttivad ja kustuvad huumlambid.



Joon. 5. Pöörlevate ümberlülititega ja järjestikku süttivate lampidega seadise skeem kujutiste ülekandmiseks kaugusesse.

Hoolimata sellest lisandasid need mõlemad projektid kaugnägemisse veel ühe viljaka idee: tänu silma inertsile võivad kõigilt kujutise elementidelt saadavad signaalid kanduda vastuvõtuekraanile mitte kõik korruga, vaid järjestikku, üht ja sama juhett mööda. Sellise ülekande ainsaks tingimuseks on: kõik signaalid peavad foto-

rakkude juurest vastuvõtuekraanile jõudma kümnendiku sekundi jooksul. Siis sulavad lampide üksikud süttimised silmas üheks terviklikuks kujutiseks.

4. NIPKOVI KETAS

Võimalus tulla vastuvõtjas toime ainult ühe lambiga, kui saata mitte kõiki signaale korraga, vaid järjestikku, kümnendiku sekundi jooksul, juhtis sellisele mõttele: kas ei saaks ka saatjas toime tulla üheainsa fotorakuga? Töötas ju ka kommutaatoritega seadises igal üksikul hetkel ainult üks fotorakk, kuna teised fotorakud olid tegevuseta.

Selle ülesande lahendas väga teravmeelselt poola insener P. Nipkov. Ta leiutas 1894. aastal lihtsa ja sobiva mehhanismi, millega kujutist üksikuiks elementideks „lahutada“ ja üksikuid elemente seejärel terviklikuks kujutiseks kokku seada, kasutades ainult üht fotorakku.

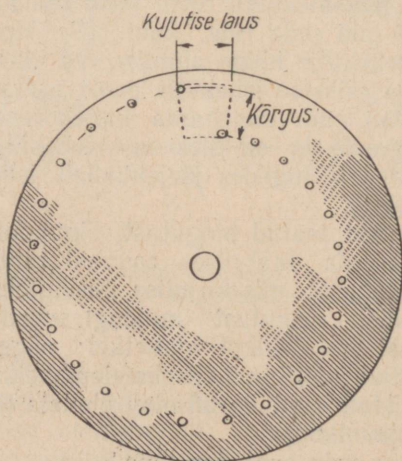
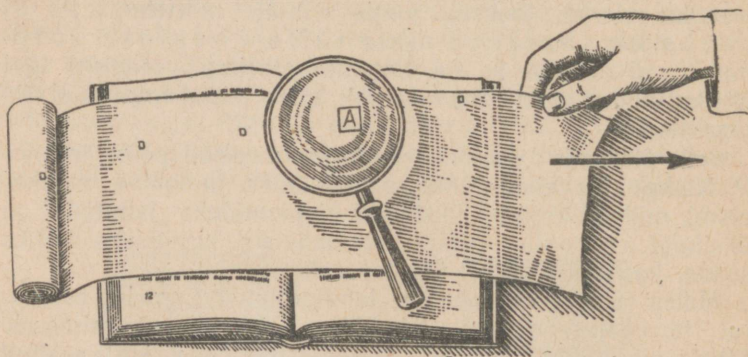
Milles seisab siis kujutise „lahutamine“? Lugeses raamatut te vaatate alguses lehekülje esimese rea esimesele tähele, siis hakkab teie pilk libisema piki seda rida vasakult paremale, lennates tähelt tähele ja sõnalt sõnale. Jõudes rea lõpuni, peab teie pilk viskuma ruttu teise rea algusele, siis jätkama liikumist piki seda rida, kuni selle lõpuni ja nii viisi edasi, kuni lehekülje kõige alumise rea viimase täheni. Et hakata lugema esimese lehekülje peale asetatud järgnevat lehekülge, peab silm sooritama kahekordse hüppe — vasakule rea algusele ja alt üles uue lehekülje algusele. Sedaviisi „lahutate“ te lugeses järjekindlalt lehekülje, elemendi elemendi järel.

Seejuures on vaja teatud pingutust, õigupoolest märkamatu, et mitte lugeda naabruses asuvaid tähti või sõnu. Ükskõik milline aparaat, mis kujutise üksikuteks elementideks lahutab, sellist „pingutust“ muidugi sooritada ei saa. Ta peab seepärast igal üksikul ajahetkel „nägema“ ainult üht elementi. Antud juhul on selliseks elemendiks üksik täht või, täpsemalt öeldes, iga tähe all olev pindala (kaasa arvatud ka tühjad vahemikud).

Vaatame kuidas seda saab teostada.

Kujutlege, et me katsime raamatu lehekülje pika lindiga. Sellele kohale, kus asetseb ülemise rea esimene täht,

teeme me lindisse nelinurkse augu, millesse mahub ainult üks täht. Hakkame tõmbama linti paremale poole nii, et see auk libiseks kogu aeg mööda lehekülje esimest rida. Jõudes rea viimase täheni, me peatume, teeme linti teise augu, seekord kohale, kus asetseb teise rea esimene täht, ja tõmbame linti edasi. Seda operatsiooni kordame me senikaua, kuni oleme jõudnud alumise rea viimase täheni. Siis lõikame linti uuesti augu, millest paistab sama lehekülje esimese rea esimene täht jne.



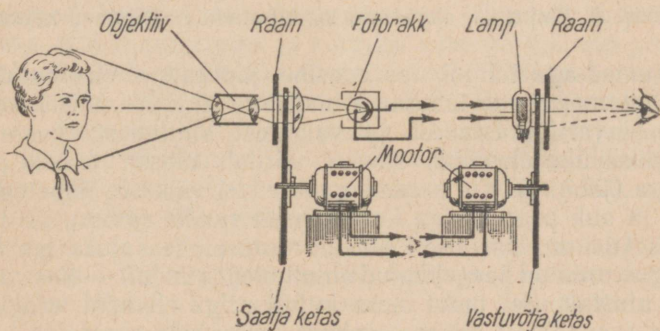
Joon. 6. Ülal — astmeliselt paigutatud aukudega lint, mille abil võib „lahutada“ lehekülge. All — P. Nipkovi ketas.

Sel viisil saadakse lint (joon. 6, ülal), milles leidub rida astmeliselt laialiasetatud auke. Kui hakkaksime nihutama väga pikka paljude selliste astmetega linti piki lehekülge nõnda, et iga aukude „redelike“ mööduks meie silmade eest kümnendiku sekundi vältel, siis me näeksime tänu silma inertsile kogu aeg tervet lehekülge.

Sellist lahutamisviisi võib teostada ka pika lindi abita. Nipkov leidis, et piisab täiesti, kui teha nii palju auke, kui palju on ühel leheküljel ridu, kuid need augud on vaja paigutada kettale spiraalikuuliselt (joon. 6, all). Aukude vahemaa peab olema võrdne. Iga järgnev auk on nihutatud ketta keskpunktile lähemale sellise vahemaa võrra, mis on täpselt võrdne augu enese läbimõõduga. Spiraali algus on asetatud üsna ketta äärelle, lõpp aga keskkohale lähemale sellise vahemaa võrra, mis võrdub kõigi aukude läbimõõtude summaga.

Nagu eespool raamatu kohta toodud näiteski, määrab vahemaa aukude vahel (spiraali mööda) kindlaks kettaga lahutatava kujutise (raamatu lehekülje) laiuse, kaugus vertikaaljoont mööda kõige ülemise ja kõige alumise augu vahel — kõrguse, aukude arv aga kujutise „ridade“ arvu. Kui selline ketas asetada lehekülje peale ja ta kiiresti pöörlema panna, siis tuleb aukude kaudu nähtavale kogu lehekülg.

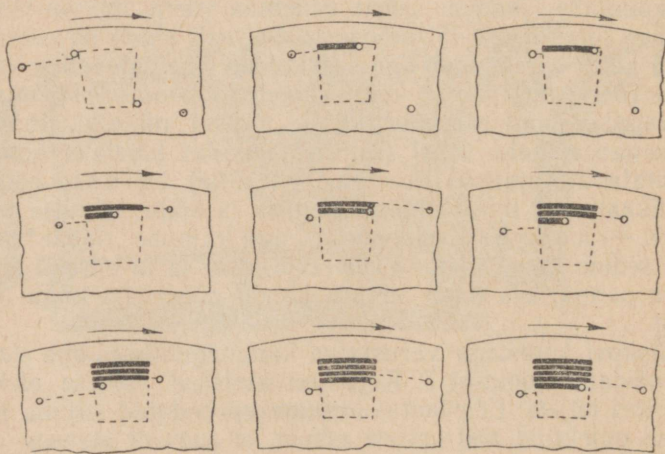
Nipkovi ketastega varustatud kaugnägemisseadme skeem on näidatud joonisel 7. Ketas on asetatud väikese elektrimootori teljele. Edasiantava eseme vähendatud kujutis juhitakse objektiivi abil kettale nõnda, et spiraali alguses olev



Joon. 7. Seadised kujutiste saatmiseks ja vastuvõtmiseks Nipkovi ketastega.

auk satuks kujutise kõige ülemisele osale, viimane auk aga kõige alumisele osale. Tavaliselt piiratakse see ketta piirkond nelinurkse raamiga. Ketta taga raami vastas asetseb fotorakk.

Kui ketast pöörata kellaosuti liikumise suunas, siis langeb fotorakule alguses valguskiir, mis on läbinud ketta esimese augu, siis teise ja nii edasi kuni kõige viimase auguni. Ketta pöörlemise tõttu „joonestavad“ need kiired fotoraku tundliku kihi pinnale järjestikku kogu kujutise „read“, mis on üksteisest täpselt eraldatud (joon. 8).



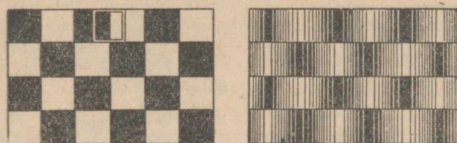
Joon. 8. Kujutiste elementideks lahutamine Nipkovi kettaga.

Kuidas aga toimub rea edasine jaotamine elementideks?

Oletame, et me lahutame malelaua kujutise, mis koosneb vahelduvaist mustadest ja valgetest ruutudest, kusjuures kujutise ühe elemendi suurus võrdub täpselt ruudu pindalaga (joon. 9). Kui ketas liiguks edasi väikeste hüpetega ja iga ta auk peatuks iga kord täpselt ruudu vastas, siis laheneks küsimus äärmiselt lihtsalt: fotorakule satuks iga kord valgus, mis on peegeldunud ainult ühelt ruudult — kas valgelt või mustalt. Sel juhul oleks kujutise iga element eraldatud oma reanaabrist niisama selgelt, nagu rida reast.

Kuid ketta augud liiguvad piki rida pidevalt. Valgus igalt tervikruudult langeb täielikult fotorakule üksnes sel hetkel,

mil ketta auk seisab just ruudu vastas. Muul ajal satub fotorakule valgus kahelt ruudult. Selge piiri asemel, mis eraldab rea ühe elemendi teisest, saavutame seepärast moonutatud, ebateravad üleminekud (joon. 9, paremal).



Joon. 9. Kuidas laotub malelaua kujutis.

Süsteemides, mis rakendavad kujutise voolavat, elementide kaupa lahutamist, ei saa seda puudust kõrvaldada. Kuid seda saab elementide arvu suurendamise (s. o. kettas olevate aukude suuruse vähendamise) teel tunduvalt pehmen-dada. Kõneldes aga elementide arvust reas, me peame alati silmas seda elementide arvu, mis ketta aukude hüppelise liikumise puhul ritta mahuks.

Kuna kujutise ridade üksikud piirkonnad (elemendid) omavad mitmesugust heledust, siis sel ajal, mil ketta auk liigub piki rida, muutub fotoraku vool kogu aeg.

Saadava kujutise kvaliteet paraneb, kui suurendada elementide arvu, millisteks kujutis ülekandel jaotub. See on ka arusaadav: mida väiksem on piirkond, millelt fotorakule iga hetk valgus langeb, seda täpsemalt annab valguse poolt tekitatud vool valguse või varju edasi vastuvõtuekraanil.

Esimesed Nipkovi ketastega saatjad lahutasid kujutise 30 reaks. Kui raami laiuse ja kõrguse suhe on 4:3, siis peab iga rea pikkusele mahtuma 40 kettaauku. Tähendab, kogu kujutis laotub $30 \times 40 = 1200$ elemendiks (iga element on augu suurune). 60 kettaaugu juures laotub kujutis juba 60 reaks, igaühes 80 elementi, s. o. kokku 4800 elemendiks. Kui kettal on 120 auku, võrdub elementide arv juba 19 200, s. o. 120 rida, igaühes 160 elementi, jne.

Kuidas ridade arvu suurenedes kasvab saadava kujutise selgus, seda võib näha joonisel 10. Seni me kõnelesime sellest, kuidas Nipkovi ketta abil antakse edasi liikumatuid esemeid. Kuidas aga anda edasi liikuv ese?

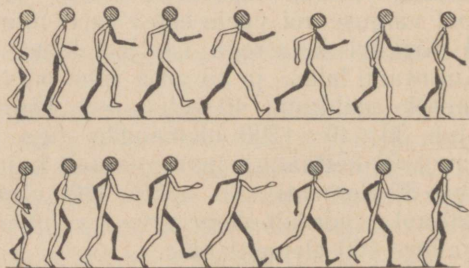
Need, kes tunnevad fotograafiat, teavad, et liikuvat inimest ei saa pildistada pika valgustamisajaga. Fotoplaadile

ilmub vaid määratud laik. Kuid küllaldase kiiruse puhul võib teha üksteise järel mitu ülesvõtet nõnda, et igaühel neist oleks pildistatud vaid osa liigutusest. Tulemusena saa-



Joon. 10. Kuidas mõjub kujutise kvaliteedile laotusridade arv (vasakul — 30 rida, paremal — 120 rida).

dakse rida selliseid ülesvõtteid, nagu on näidatud joonisel 11. Siin on liikumine ise jaotatud üksikuiks elementideks. Kui kleepida need ülesvõtted raamatu lehtedele, igale lehele üks, ja raamatut painutades lehed kiiresti läbi sõrmede lasta, siis sulavad üksikud elemendid ühte, ja me näeme sujuvalt liikuvat figuuri. Selle nähtuse olemus seisneb silma meile juba tuntud võimes säilitada iga muljet kümnendiku sekundi vältel. Sellele meie nägemise omadusele on rajatud kino.



Joon. 11. Rida järjestikusi ülesvõtteid liikumisest.

Selleks et pärast elementideks lahutamist saata kaugusse liikuv kujutis, on ilmselt nagu kinoski tarvilik jaotada liikumine ise teatud hulgaks üksikuiks elementideks, ü k s i k-

piltideks. Nende üksikpiltide kiire järjestikku vaheldumine võimaldabki saavutada tervikliku liikumise.

Seega kujuneb kaugnägemises üksikuist elementidest esmalt liikumatu kujutis (üksikpilt), pärast aga areneb nende üksikpiltide sarjast liikuv kujutis.

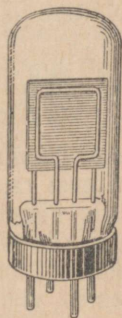
Kinokogemused on näidanud, et üksikpiltide arv peab olema sekundis vähemalt 12,5. Väiksema üksikpiltide arvu puhul muutub kujutis halvaks: tekib vilkumine, liigutused — eriti kiired — valguvad venivalt laiali. Nipkovi kettaga laotamisel peab seetõttu ketta pöörete arv olema sekundis vähemalt 12,5.

Kui iga liikumatu üksikpilt koosneb 1200-st elemendist ja neid üksikpilte on tarvis saatjalt saata vastuvõtuseadisele 12,5 tükki sekundis, siis peab juheta mööda kulgema igas sekundis $1200 \times 12,5 = 15\,000$ üksikut elektrisignaali. Neid signaale nimetatakse ka voolu „impulssideks“ (tõugeteks).

Vaatame nüüd, mis toimub vastuvõtuseadises. Saatjalt lähtuvad signaalid koonduvad ainsasse huumlampi.

Mida kujutab enesest selline lamp? Selles lambis helendub mitte hõõguv niit, vaid külm gaas. Seepärast nimetataksegi teda külma valguse lambiks ehk huumlambiks. Väliselt (joon. 12) meenutab ta tavalist hõõglampi, kuid hõõgniidi asemel on tal kaks lamedat plaati — elektroodi, mis on asetatud paralleelselt 2—3 millimeetri kaugusele teineteisest. Mõnikord asendatakse üks plaat täisnurkse raamiga. Lambi balloonis on õhu asemel väike hulk gaasi — neoni või argonit. Kui sellele lambile antakse patareilt rangelt kindel pinge, siis hakkab gaas helenduma. Mõlemad elektroodid näivad kuumutatuna kas hõõgupunaseks (kui lambis on neon) või hõõguvvalgeks (kui lambis on argon). Tegelikult aga helenduvad mitte elektroodid, vaid gaas. Gaasi helendumise erendus muutub märgatavalt ka kõige tühisemast pinge muudatusest elektroodidel.

Kui nüüd lampi koos patareist kulgeva alalispingega suunata saatja fotorakult tuleva signaali pulseeriv pinge, siis hakkab lamp väga tundlikult ja — mis kõige tähtsam — väga kiiresti reageerima igale



Joon. 12.
Huumlamp.

uuele impulsile. See omadus tõstab teda soodsalt esile võrreldes hõõglambiga.

Lambi ette on seatud Nipkovi ketas (vt. joon. 7). Vastuvõtukettas on niisama palju auke kui saatja kettas. Mõlemad kettad pöörlevad erikonstruktsiooniga elektrimootorite abil rangelt taktis (teine-teisest mitte ette jõudes ega maha jäädes) või, nagu öeldakse, sünkroonselt, otsekui oleksid nad asetatud ühele ja samale völlile. Kui saatjal liigub fotoraku ees näiteks esimene kettaauk, siis peab ka lambi ees täpselt samal kohal olema vastuvõtuketta esimene auk.

Vastavalt vastuvõtuketta pöörlemisele lambi ees suundub iga tema augu kaudu, mis nelinurksesse raami satub ja oma rida elementideks lahutab, vaateleja silma pidevalt muutuva valguse kiir. Nähes kümnendiku sekundi jooksul ketta aukude kaudu valguse impulsse, mis vastavad kõigile kujutise elementidele, koostab silm nendest juba tervikliku kujutise. Selle kujutise mõõted olenevad huumlambi helenduva elektroodi suuruselt.

Nipkovi ketta tarvituselevõtmine oli järgmiseks väga tähtsaks sammuks nüüdisaegse kaugnägemise loomise teel. Keeruka ja koguka ekraani asemel võimaldas ketas suurest hulgast üksikuist fotorakkudest jätta saatjasse kõigest ühe fotoraku. Vastuvõtjasse jäi niisama suure hulga elektrilampide või ühe, kuid ekraani mööda „hüpleva“ lambi asemel samuti üks ja seejuures liikumatu lamp. Ning lõpuks — saatjat ja vastuvõtjat ühendas nüüd ainult üks juhe ilma pöörlevate ümberlülititeta. Kõik see osutus võimalikuks seetõttu, et kujutise jaotumine elementideks, signaalide ülekanne elementidelt vastuvõtjale ja kogu kujutise koostamine huumlambi üksikuist süttimistest toimus ketaste abil rangelt järjestikku: element elemendi järel, signaal signaali järel, süttimine süttimise järel.

Sellisel järjestikusel ülekandmisel oli otsustav tähtsus praktilisele kaugnägemisele.

Kuid küsimuse selline, nagu näib, õnnestunud lahendus tõi kaasa uusi raskusi. Asi on selles, et inimese silma omadus säilitada nägemispilti kümnendiku sekundi vältel ei tähenda seda, et silmale on ükskõik, kas valgus mõjutab silma mitme sekundi või ainult selle tähtsusetu osa jooksul. Kui see mõju on kestav, siis on nägemispilt ere. Kui mõju on õige lühiaegne, siis tuleb pilt kahvatu. Just sellepärast annabki vastuvõtuekraan, mis on koostatud 1200-st lakkamatult mitme-

suguse eredusega helenduvast lambist, eredama pildi kui ekraan, millel igal üksikul hetkel helendab vaid üks lamp. Liikuva kujutise 30-realisel laotamisel Nipkovi ketta abil satub vaateleja silma valgust 15 000 korda vähem kui liikumatute lampidega ekraanilt.

Õnneks on inimese silmal peale võime säilitada mõnda aega nägemismuljet veel üks tähtis võime. See on niinimetatud silma adaptatsioon ehk kohastumine mitmesugusele valguse eredusele. Väga ereda valguse juures aheneb silmaava järsult ja peaaegu hetkeliselt väheneb võrkkesta enese tundlikkus. Pimeduses, vastupidi, silmaava suureneb ja ka võrkkesta valgustundlikkus suureneb tugevasti. Selle tagajärjeks on, et valguse ereduse tegelikku kahanemist 15 000 korda tajub silm nagu kõigest mõnekümnekordset kahane- mist. Kuid seegi õnnelik asjaolu ei suutnud silma enam aidata, kui jaotuselementide arv suurenes kujutise täpsuse tõstmiseks kümneid ja sadu kordi.

Kujunes nõnda, et jaotuselementide väikese arvu juures oli kujutis küllalt ere, kuid mitte küllalt selge; ridade arvu tõstmine oleks pidanud suurendama selgust, kuid tulemuseks oli kahvatu, vaevalt eristatava kujutise saamine.

Peale selle kerkis veel hulk aega enne Nipkovi ketta ilmu- mist esile ka teine tõsine takistus, mis ohustas selle alles veel võrsuva leiutise saatust. Avastati, et seleeni — selle kunstliku silma „võrkkesta“ — elektriline takistus ei muu- tunud mitte kohe pärast seda, kui muutus temale mõjuva valguse heledus, vaid mõninga viivitusega. Seleen ei jõud- nud seepärast jälgida kujutise heledate ja tumedate piirkon- dade väga kiiret jaotumist. Seleen „nägi“ aeglasemalt kui see selge kujutise saamiseks vajalik oli. Kaugnägemise eda- sisel arendamisel osutus seleen seetõttu juba kõlbmatuks.

Tekkinud ummikust pääsemise ja oma edasise arenemise eest võlgneb kaugnägemine tänu kuulsa vene füüsiku A. G. Stoletovi avastustele.



Kuulus vene füüsik A. G. Stoletov
(sündis 1839. aastal, suri 1896. aastal).

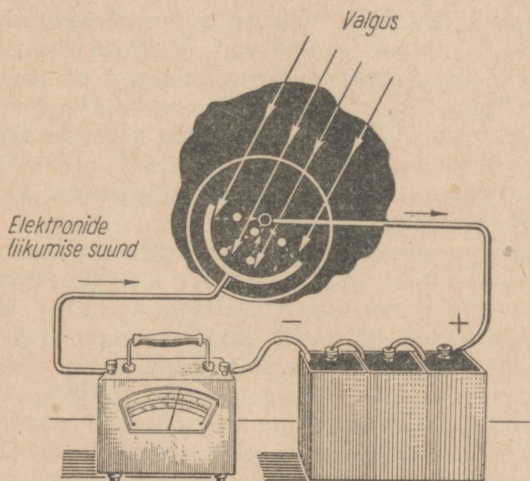
5. A. G. STOLETOVI FOTORAKK

Seni oli teada, et valgus on võimeline vähendama seleeni elektrilist takistust ja tugevdama seega tema vooluringis kulgevat voolu. Kuid 1888. aastal tõestas A. G. Stoletov, et valgus on samuti võimeline tekitama elektrivoolu. Seda nähtust nimetati väliseks fotoelektriliseks efektiks.

Selle olemus seisab selles, et valguse vihk, langedes metallplaadile, lööb selle plaadi pinnal asetsevaist aatomeist välja elektrone — aatomite üliväikesi koostisosi, mis on laetud negatiivse elektriga. Väljalöödud elektronide arv sõltub neile ainetele mõjuva valguse eredusest, s. o. energiast. Sel moel väljalöödud elektrone võib teatud suunas liikuma panna ja saada nii viisi elektrivoolu. Selleks tuleb valgustatava plaadi lähedale paigutada teine, positiivse elektriga laetud plaat. Kuna isenimelise elektriga laetud kehad tõmbuvad

üksteise ligi, siis kerged, negatiivselt laetud elektronid tormavad suure kiiruga positiivselt laetud plaadi poole.

Vaadake joonist 13. See on niisuguse fotoraku skeem, milles võib saada välise fotoefekti. Õhust hoolikalt tühjendatud väheldase klaaskolvi sisepinnale on kantud mingi valgustundliku aine kiht (selliseiks aineiks on näiteks tsesium, tsirkoonium jt.). Et valgus saaks vabalt kolbi tungida, jääb osa selle seinast läbipaistvaks. Kolvi sisse on kinnitatud ümmargune metallrõngake, mida nimetatakse anoodiks. Nii valgustundlik kiht kui ka anood on ühendatud kumbki oma soklikontaktiga. Elektripatareilt tulevad fotoraku soklikontakti juurde juhtmed: patarei negatiivne poolus ühendatakse valgustundliku kihiga, positiivne aga anoodiga.



Joon. 13. Välise fotoefektiga fotoraku tegevuse skeem.

Kuna valgustundlik kiht ja fotoraku anood on teineteisest hästi isoleeritud, ruum kolvis aga elektrivoolu ei juhi, siis pimeduses elektrivool valgustundliku kihi ja anoodi vahel praktiliselt tekkida ei saa. Kuid tarvitseb vaid kolvi sise-pinda valgustada, kui vooluringis tekib vool. See tähendab, et valguse toimel paiskuvad elektronid valgustundlikust kihist välja ja sööstavad positiivselt laetud anoodile, siis aga voolavad mööda juhet patarei positiivsele poolusele.

See vool kas väheneb või suureneb sõltuvalt sellest, kas valgustundlikule kihile langeva valguse eredus väheneb või suureneb. Kui ereduse muutused hakkavad vahelduma, siis ka fotoraku vool, järgides neid muutusi, hakkab muutuma ehk, nagu öeldakse, pulsseerima. Juhtides sellist pulseerivat voolu küllalt tundlikku huumlampi, võiks saada selles vahelduva eredusega valgusevälgatusi.

A. G. Stoletovi uurimused avasid kaugnägemisele uue tee. Võidi ju seleenfotorakkude asemel kasutada saatjas uusi fotorakke, millistes on kasutatud välist fotoefekti. Uues fotorakus tekkinud vool järgis täpselt valgustundlikule kihile langeva valguse ereduse kõige kiiremaid muutusi.

Kuid see ei olnud siiski veel küllaldane. Uued fotorakud ei olnud küllalt tundlikud väikese valgusehulga suhtes, mis langes neile läbi ketta väikese augu. Vastuvõtja ekraanile tekkis vaid kujutise segane vari. Valguse poolt tekitatavaid äärmiselt nõrku signaale tugevdada aga polnud mingit võimalust. Polnud tollal olemas ka huumlampe, mis oleksid võinud helenduda küllalt eredalt nende nõrkade signaalide toimel, mis saabusid saatjalt.

Nipkovi ketas ei leidnud seepärast peaaegu 30 aasta jooksul praktilist rakendamist.

Kaugnägemise edaspidine arenemine sõltus nüüd sellest, kas õnnestub leida abinõu saadavate elektrisignaalide tugevdamiseks nii, et huumlamp helendaks küllalt eredalt isegi pärast seda, kui signaalid on läbi teinud pika teekonna saatja juurest ja ära kannatanud kõik vältimatud kaod teel.

Raadio leiutamine vene teaduse korüfee A. S. Popovi poolt ja sellele järgnenud uue teaduse — raadiotehnika — tormiline õitseng lahendas selle küsimuse. Veel enam, uus teadus võimaldas saata kaugnägemissignaale kaugusse ilma juhtmeteta.

6. „TUNDLIK KÕRV“

Juba möödunud sajandi kolmekümnendail aastail leiti, et mööda mingit juhet kulgeva elektrivoolu muutused põhjustavad elektrivoolu tekkimise teises, kõrvalasetsevas juhtmes, mis pole esimesega ühendatud. Nende tähelepanekute alusel avaldati mõtet, et elektriline mõjutus võib nähtavasti kanduda kaugusse ka ilma juhtmeteta.

Hiljem tõestati suure hulga uurimuste tagajärjel, et juhe, mida mööda voolab vahelduv elektrivool, s. o. vool, mis kogu aeg vahetab oma suunda, kiirgab ümbritsevasse ruumi erilisi elektromagnetilisi laineid.

Kui elektrivool võngub, s. o. kui ta vahetab oma suunda 50 korda sekundis, siis juhe, mida mööda see vool kulgeb, peaaegu ei kiirga elektromagnetilisi laineid. Voolu võnkumissageduse suurenedes hakkab juhtmelt kiirguva elektromagnetilise energia hulk kasvama. Kui voolu võnkumissagedus sekundis tõuseb kümnete tuhandeteni ja rohkem, võib kiirgus moodustada üle poole kogu energiast, mis kulgeb mööda juhet, eriti kui see juhe on küllalt kõrgele maapinna kohale tõstetud ja sellest hästi isoleeritud.

Voolu iga võnge juhtmes põhjustab ühe laine kiirgumise ruumi. Üks sekund pärast kiirgumise algust on laine juba 300 miljoni meetri kaugusel juhtmest; talle järgnevad ka kõik teised lained. Mida rohkem laineid kiirgub ühes sekundis, seda väiksem on iga laine pikkus. Kui ühes sekundis kiirgub näiteks miljon lainet, siis on ühe laine pikkus 300 meetrit. Kui aga voolu võngete arvu suurendada 300 miljoni sekundis, siis on laine pikkus üks meeter.

Elektromagnetilisi laineid õnnestus esmakordselt saada saksa füüsikul Hertzil aastail 1886—1888.

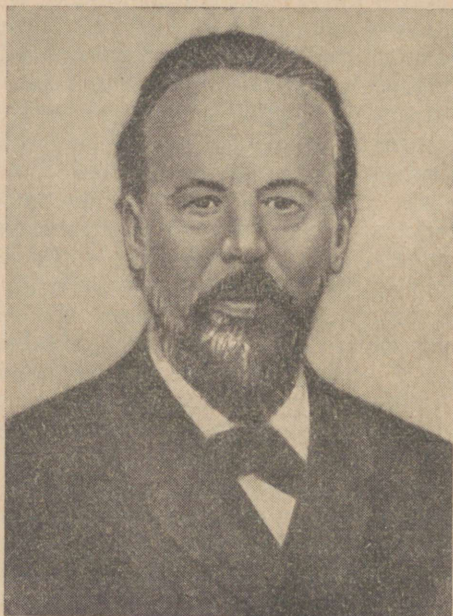
Kuid ei Hertz ega ka teised välismaised teadlased kõnele- nud võimalusest kasutada elektromagnetilisi laineid traadita sidemepidamiseks. Hertz ise pidas sellist oletust alusetuks. Kuid juba 7. mail 1895. aastal demonstreeris suur vene tead- lane A. S. Popov Peterburis Vene Füüsika-Keemiaseltsi istungil esmakordselt maailmas aparati-piksemärkijat, mis võttis vastu ja märkis lindile elektromagnetilisi laineid. Nende lainete „saatjaks“ oli pikne.

12. märtsil 1896. aastal aga võttis A. S. Popov sama seltsi istungil vastu esimese raadiogrammi maailmas, mis anti 250 meetri kauguselt.

Võnkumise sagedust on hakatud märkima erilistes ühi- kutes — hertsides. Kiloherts — see on tuhat võnget sekundis, megaherts — miljon võnget sekundis.

Nii meie poolt nähtav valgus kui ka raadiolained on elektromagnetilised lained. Nad erinevad üksteisest vaid võnkumise sageduselt, laine pikkuselt. Üle 1000 meetri pikki (sagedusega kuni 300 kiloherts) raadiolaineid nimetatakse pikkadeks, laineid pikkusega 1000 kuni 100 meetrit (sage-

dusega 300 kuni 3000 kilohertsi) — kesklaineteks, 100 kuni 10 meetrit pikki laineid (sagedusega 3 kuni 30 megahertsi) — lühilaineteks ja 10 kuni 1 meeter pikki (sagedusega 30 kuni 300 megahertsi) — ultralühilaineteks. Valguse moodustavad veelgi suurema sagedusega elektromagnetilised lained.



Väljapaistev vene teadlane A. S.
Popov (sündis 1859. aastal, suri
1905. aastal).

Niisiis me teame, et elektromagnetilisi laineid saab anda edasi suurtesse kaugustesse. Kuid meil on vaja juhtmeteta edasi anda kaugnagemise elektrisignaale; on vaja, et raadiolained kannaksid endal nende signaalide „jäljendit“; et saadetavate lainete energia muutuks täpselt samuti, nagu muutub kaugnagemissaatja fotorakule langeva valguse hulk. Kuidas seda teha?

Oletame, et me otsustasime signaliseerimiseks kasutada valgusekiirt. Kõige lihtsam on süüdata ja kustutada valgus

lühikesteks ja pikkadeks ajavahemikeks, s. o. anda edasi punkte ja kriipse — morsetähestiku märke. Võib toimida ka teisiti: mitte katkestada lambi valgusvoogu, vaid muuta ainult ta eredust. Selleks on lambi hõõgniiti toivasse vooluringi vaja lülitada mikrofon — seadis, mis seleenplaadi taoliselt muudab oma elektrilist takistust, ainult mitte valguse toimetel, vaid helivõngete toimetel. Siis hakkab lambi niiti läbiv vool muutuma kooskõlas helilainete survega mikrofonile. Taktis vooluga hakkab võnkuma ka lambi heledus. Et selliseid signaale vastu võtta, suunatakse lambi valgus fotorakule. Fotoraku voolu võnkeid võib juhtida edasi telefonisse ja me kuuleme mikrofonile alguses mõjunud heli võngete täpset kordamist.

Mida me siis siin võidame? Kui valjud ka helisignaali ei oleks, kuulda võib neid parimal juhul mõne kilomeetri kauguselt. Valgust aga isegi väikeselt lambilt, kui asetada ta küllalt kõrgele, võib märgata kümnete kilomeetrite kauguselt.

Seega läheb meil korda õige kõrge sagedusega võngete (valguse) abil anda edasi madala sagedusega võnkeid (heli), mida lahus esimestest oleks võimatu edasi anda. Valgus nagu „kannab üle“ helisignaale. Antud juhul nimetatakse valgust *k a n d e v s a g e d u s e k s*, tema poolt „ülekantavaid“ ja teda muutvaid helivõnkeid aga — *m o d u l a t s i o o n i s a g e d u s e k s* (modulatsioon — muutmine).

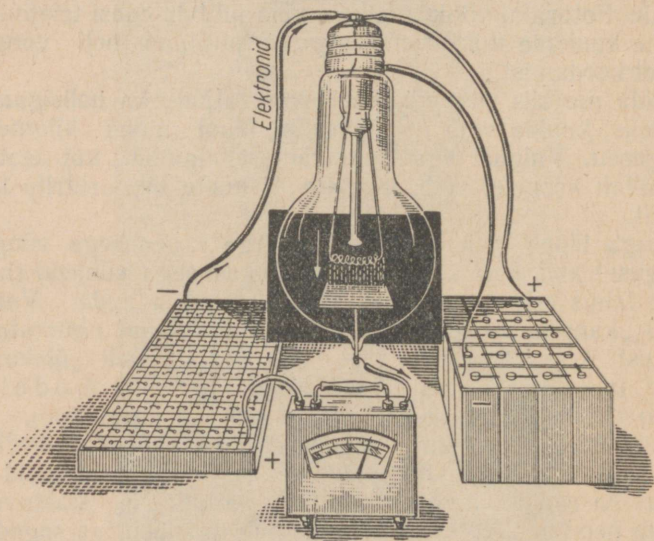
Helivõngetega võib moduleerida ka kõrgsageduslikke elektrilisi võnkumisi. Sel juhul kanduvad muusikahelid ja häälekõla raadiolainetel üle tohutute kauguste. Vastuvõtja püüab need võnked kinni ja muundab moduleeriva sageduse heliks, kandevasageduse aga sõelub välja.

Samal viisil võib raadiolainetega „üle kanda“ ka kaugnägemise signaale. Raadiosignaali, mis saadi esimestes raadiovastuvõtjates, millistel polnud mingeid võimendusvahendeid, olid väga nõrgad. Neid võis avastada üksnes tundlike peatelefonide — kuuldeklappide — abil. Tollal ei saanud mõteldagi sellele, et kasutada raadiot kaugnägemiseks. Hädavajalik oli esmalt leida abinõu, kuidas raadiosignaale tugevdada.

1907. aastal leiutati imetusväärsetl teravmeelne seadis — *e l e k t r o n v õ i m e n d u s l a m p* ehk lühidalt raadiolamp. Kuidas siis tugevnevad elektronlambis raadiosignaaliid?

Me teame juba, et valgustamisel paiskuvad fotoraku val-

gustundlikust kihist välja elektronid. Tavalise elektrilambi hõõgniit kiirgab samuti elektrone. Need elektronid ei lenda lambi niidist kaugele. Tarvitseb aga paigutada lampi niidi kohale positiivselt laetud plaat (seda nimetatakse anoodiks), kui suurem osa niidi poolt kiiratud elektronidest ei pöördu enam niidile tagasi, vaid lendab anoodile (joon. 14). Hõõgniidi ja anoodi vahel tekib elektrivool. Selle voolu tugevust saab muuta, kõrgendades või madaldades lambi anoodile rakendatud pinget.



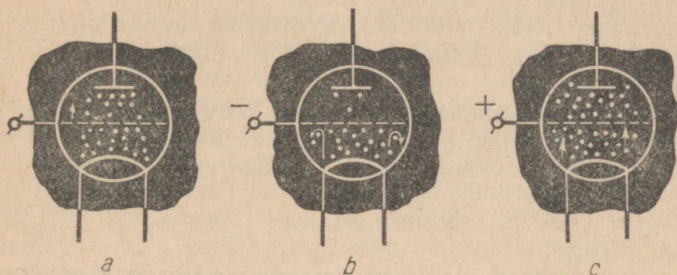
Joon. 14. Vool elektronlambis niidi ja anoodi vahel.

Voolu tugevust võib muuta ka teisiti. Selleks asetatakse lambi kesta, hõõgniidi ja anoodi vahele, metallvõre.

Seni kui võrel laeng puudub, liiguvad hõõgniidilt tulevad elektronid vabalt läbi võre anoodile. Anoodvool jääb muutmatuks (joon. 15, a). Kuid tarvitseb vaid lambi võrele anda kas või tühine negatiivne laeng, kui pilt järsult muutub. Ainult väikesel hulgal elektronidel, mis lendavad välja niidist, õnnestub lipsata läbi võre ja jõuda anoodile (joon. 15, b). Ülejäänud elektronid aga ei suuda jagu saada negatiiv-

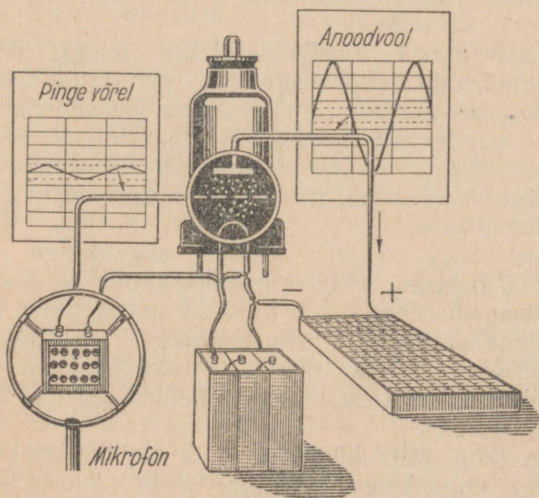
selt laetud võre eemaletõukavast toimest ja pöörduvad nii-
dile tagasi.

Vastupidist toimet avaldab lambi võrele rakendatud posi-
tiivne pinge. Sel juhul piisab isegi nõrgast laengust, et kii-
rendada elektronide liikumist hõõgniidilt anoodile. Võre
laeng nagu „piitsutab“ neid tagant (joon. 15, c).



Joon. 15. Elektronlambi võre toime.

Kui pinge, mis on rakendatud sellise lambi võrele, hakkab
pidevalt muutuma kõverjoone kujul, nagu see on näidatud
joonisel 16, siis just samasuguse kõverjoone järgi hakkab



Joon. 16. Elektronlambi võimendav toime.

muutama ka lampi läbiv vool. Tühine pingemuutus lambi võrel, näiteks 0,1 voldi võrra, võib läbi lambi kulgevale voolule avaldada samasugust toimet, nagu anoodpinge muutumine 10 voldi võrra. Seetõttu tugevneb meie lampi läbiv vool 100 korda. Seega võivad võrele juhitud nõrgad raadiosignaalid esile kutsuda väga tugeva voolu, järelikult ka suure energia, mida tekitab lamp.

Esimesed elektronlambid tugevdasid raadiosignaale kõigest 3—5 korda. Nüüdisaegne lamp tugevdab neid mitu tuhat korda.

Võimendav raadiolamp andis uut hoogu kogu edaspidisele tööle kaugnägemise alal. „Nägemisnärviks“, mis läheb saatjalt vastuvõtjale, võisid nüüd muutuda raadiolained.

7. KUJUTISE ÜLEKANDMINE RAADIOLAINETE ABIL

Kujutise signaale raadioteel üle kanda õnnestus esmakordselt käesoleva sajandi 20-ndail aastail. Elementide hulk, mida algul oli võimalik üle kanda, piirdus sagedusribaga, mille hõlmas ringhäälinguajaam.

Milline on siis see riba?

Tavaliselt kiirgab raadiosaatejaam mingit üht, rangelt kindlaksmääratud kandevasagedust, näiteks 300 000 hertsi. Kuid keerukas moduleerimisprotsessis helisagedusriba kord liidetakse kandevasagedusega, kord lahutatakse sellest. Selle tulemusena kiirgab saatja mitte enam üht kandevasagedust, vaid tervet sagedusriba, mis on nii kõrgem kui ka madalam kandevasagedusest.

Inimese kõrv tajub helisid sagedusega ligikaudu 16—16 000 hertsini. Kui me tahaksime üle kanda kogu selle helisagedusriba, siis hõlmaksid saatja poolt kiirratavad raadiolained katkematu riba ulatusega $300\,000 - 16\,000 = 284\,000$ kuni $300\,000 + 16\,000 = 316\,000$ hertsi, s. t. riba, mis võrdub kahekordse modulatsiooniribaga ($16\,000 \times 2 = 32\,000$ hertsi).

Hiljem tehti siiski kindlaks, et ei ole tingimata tarvilik anda edasi kogu helisagedusriba. Isegi suure sümfoonia-orkestri helipiirkond mahub küllalt rahuldavalt sagedusribasse 50 kuni 5000 hertsi. See võimaldas ahendada ühe

saatejaama poolt hõlmatud raadiosagedusriba kuni 10 000 hertsini, s. o. 5000 hertsini saatja kandevsageduse kummalgi poolel.

Esimeste praktiliste kaugnägemisseadmete konstruktorid olid sunnitud leppima kõige ebasoodsamate tingimustega, et ainult „pugeda“ tollal ühele saatejaamale määratud sagedusribasse. Kujutise jaotamine 1200 elemendiks oli siis alampiiriiks, mis võimaldas edasiantavat kujutist ära tunda. Korraates seda 12,5 korda sekundis, osutus juba võimalikuks saada terviklikku kaugnägemisülekannet. Sellest hoolimata oli raadioteel edasiantava sagedusriba suurus 15 000 hertsini, s. o. poolteist korda suurem kui oli määratud ühele ringhäälingujaamale. Kuid 60 reaga (4800 elemendiga) kujutis, korratuna 12,5 korda sekundis, nõudis 60 000 hertsilist sagedusriba, s. o. sellist riba, mille hõlmab 6 ringhäälingujaama!

Just sel põhjusel oligi kaugnägemise arenemise esimestel aastatel tarvilik teostada piinlikku kokkuhoidu kujutise elementide arvus ja piirduda kujutise kõige tagasihoidlikuma kvaliteediga. Aastail 1926—1934 teostati maailma tähtsamais riikides reeglina ainult 30—40-realise täpsusega kaugnägemissaateid. Seadiste keerukus ja kallidus ei võimaldanud omada ühel maal üle 2—3 saatejaama.

Pioneerideks, kes oma töödega rajasid tee kaugnägemisele NSV Liidus, olid B. L. Rosing, S. N. Kakurin, M. A. Bontš-Brujevitš, M. V. Šuleikin ja teised. Nõukogude teadlaste poolt sooritatud tohutu töö tulemusena alustati NSV Liidus regulaarsete kaugnägemissaadetega raadio teel juba 1931. a. mais. Olles raadio kodumaaks, rakendas NSV Liit kapitalistlikest maadest varem nõukogude rahva teenistusse ka kaugnägemise.

Esimesed nõukogude saated toimusid 1200-elemendilise (30-realise) täpsusega. Niihästi saateseadises kui ka vastuvõtjais kasutati Nipkovi kettaid. Koos kujutise signaalidega anti raadio kaudu edasi ka erisignaale, mis võimaldasid hoida vastuvõtuketaste pöörlemise täpselt taktis saateketastega. Nende saadete organiseerimisest võtsid aktiivselt osa nõukogude spetsialistid: V. I. Arhangelski, I. S. Džigit, V. A. Gurov, P. V. Šmaķov, P. V. Timofejev, A. F. Šorin ja paljud teised.

8. ELEKTRONPLIIATS

Pärast kaugnägemise esimesel perioodil tekkinud vaimust nii spetsialistid kui ka raadiovaatajad ei rahuldunud enam 30-realistel saadatel saadava kujutise ebatäiusliku kvaliteediga.

Kuidas oli siis võimalik saada selgemaid kujutisi?

Et tõsta ridade arvu, suurendamata Nipkovi ketta mõõteid, oli vajalik mahutada sellesse rohkem auke. Seetõttu aukude suurus vähenes, koos sellega aga vähenes ka valgusehulk, mis langes iga augu kaudu fotorakule. Loomulikult ei võinud selline vähendamine kesta lõpmatuseni. Valguse kadude korvamiseks tuli tugevdada stuudiotest edasiantavate stseenide valgustatust. Tegelased ei suutnud välja kannatada eredat valgust ja kuumust ning keeldusid sageli saadetest osa võtmast.

Oli ju võimalus jätta aukude suurus muutmatuks. Kuid siis oli vaja suurendada ketta mõõteid; juba 240-realise laotuse puhul oleks ketta läbimõõt ulatanud mitme meetrini.

Fotorakkude tundlikkus oli samuti piiratud ega lubanud järsult suurendada ridade arvu. Samal ajal aga laboratooriumides teostatavad proovisaated kujutise laotusega 120, 180 ning isegi 240 reaks näitasid, et ka see ridade arv ei anna veel küllaldaselt head kujutist. Oli selge, et kõrgekvaliteediline kaugnägemine ei ole teostatav mehaaniliste laotussüsteemide varal.

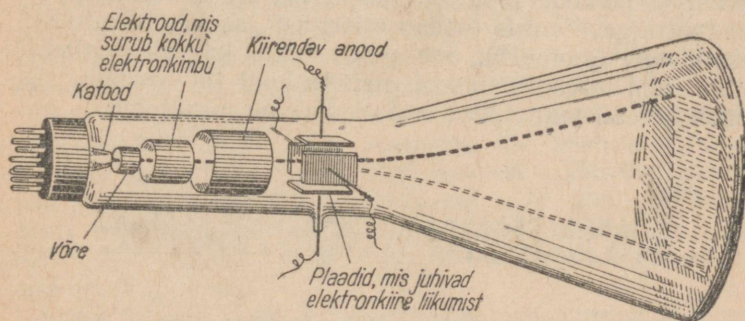
Ülesanne lahendati ka seekord Venemaal — ning seejuures kõige revolutsioonilisemal teel.

Juba 1907. aastal lõi Peterburi Tehnoloogiainstituudi professor B. L. Rosing pärast aastaid kestnud uurimusi täiesti uue süsteemi kujutiste vastuvõtmiseks elektronkiiretoru (katoodoru) abil (joon. 17).

Katoodoru on klaaskolb, mis meenutab lamedapõhjalist karavini. Kolvist on õhk kõrgeima määrani välja pumbatud. Toru kaela on paigutatud katood — peenike metallniit. Kui vool läbib niidi, siis viimane hakkab hõõguma ja kiirgab välja elektrone. Niiti ümbritsevas metallkuplikeses on avaus, mille kaudu kiiratakse elektronid väljuvad kimbuna.

Teatavas kauguses niidist asetseb anood, mis on mitme tuhande voldini ulatava elektripinge all. Kui elektronid satuvad anoodi positiivse laengu poolt tekitatavasse elektrivälja, siis tõmbab anood neid tugevasti enda poole ja

elektronid saavutavad tohutu kiiruse. Kuna aga anood on õõnsa toru kujuline, siis tormab suurt kiirust omayate elektronide kimp sellest läbi edasi ja põrkab kolvi põhja sisekülge katva ümmarguse ekraani pinna vastu. Ekraaniks on õhuke kiht erisugust ainet, mida nimetatakse fosfooriks. Fosfooril on omadus hakata tema vastu põrkavate elektronide toimel helenduma. Selle helenduse eredus oleneb kimbust olevate elektronide arvust ja nende kiirusest. Niipea kui elektronide joa toime ekraanile katkeb, katkeb peaaegu silmapilkselt ka ekraani kiirgamine.



Joon. 17. Vastuvõtja elektroniiretoru (katoodtoru) ehitus.

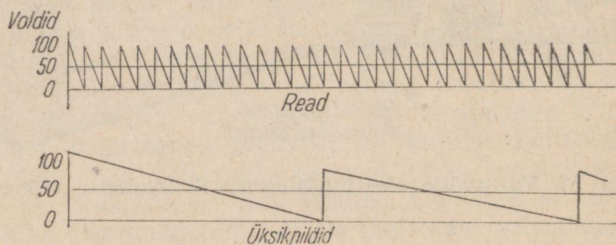
Elektronkimbu teel ekraanile asub anoodi ees teine rõngakujuline elektrood. Rõngas on laetud negatiivselt. Kuna samanimelised elektrilaengud teineteist eemale tõukavad, siis tõmbub läbi rõnga kihutav elektronide kimp kokku väga peeneks kiireks. Ekraani vastu põrgates tekitab selline peen kiir ekraanil väikese eredalt helendava täpi.

Niisiis on katoodtorus olemas ekraan, millele võib saada helendavaid märke, ning elektroniir — omamoodi „pliiats“, mille abil võib neid märke tekitada. Jäeb üle ainult leida viis, kuidas juhtida seda ebatavalist pliiatsit, ning siis võime saada ekraanil ükskõik milliseid joonistusi.

Me nägime juba, et elektronid on väga tundlikud teiste elektrilaengute mõjutuste suhtes. Elektroniir on võimalik kergesti kõrvale kallutada, kui ta lähedale paigutada laetud plaat. Samasugust toimet avaldab elektroniirele ka magnet. Seda nähtust kasutataksegi torus.

Kujutise laotamiseks tuleb elektronkiirt sundida liikuma mööda ekraani nii nagu me kirjutame: vasakult paremale ja ülevalt alla, rida rea alla, lehekülj lehekülje järele. Selleks tuleb elektronkimbu teele, pärast seda kui ta on juba läbinud elektroodi, mis ta peeneks kiireks kokku surus ning seejärel ka anoodi, mis andis elektronidele tohutu kiiruse, asetada veel kaks rühma elektroode. Üks neist, koosnedes kahest plaadist, asetseb kiirest vasakul ja paremal ning juhib kiire liikumist vasakult paremale. Teised kaks plaati paiknevad üleval ja all piki kiire teed ning juhivad kiire liikumist ülevalt alla (vt. joon. 17).

Kumbki plaatide paar on ühendatud eraldi seadisega — generaatoriga, — mis toodab erisugust „saeambakujulist“ elektripinget (joon. 18). See pinge algul kasvab aeglaselt nullist kuni teatud ulatuseni, näiteks kuni 100 voldini, siis langeb kiiresti tagasi kuni nullini, kasvab uuesti jne.



Joon. 18. Saeambataolise kujuga elektrivõnked.

Vaatame nüüd, mis juhtub meie elektronkiirega, kui ta läbib „koridori“ kahe külgplaadi vahel. Kui pinge mõlemal plaadil võrdub nulliga, siis kulgeb kiir kõrvale kaldumata otse ekraani keskele. Niipea aga, kui ühel neist plaatidest ilmub ja hakkab tõusma näiteks positiivne pinge, hakkab elektronkiir otsekohe selle plaadi suunas kõrvale kalduma. Mida kõrgem on plaadil pinge, seda rohkem kaldub kiir kõrvale. Kui aga pinge silmapilkselt langeb nullini, siis pöördub ka elektronkiir hüppega ekraani keskel tagasi. Edasi kordub kõik samal viisil uuesti.

Tegelikult töötab toru veidi keerukamalt. Sellal kui üks plaatidest saab positiivse laengu ja tõmbab elektronkiire enda poole, saab teine plaat negatiivse laengu ja tõukab

kiire endast eemale. Peale selle ei alusta elektronkiir oma liikumist mitte ekraani keskelt, vaid tema servalt.

Kiire aeglasel liikumisel vasakult paremale kujuneb helen-dav joon toru ekraanil mahlakaks ja eredaks. Kiirel vastas-suunasel liikumisel ei jõua fosfoor veel reageerida, ning kiir annab kahvatu ja peaaegu märkamatu joone. Sama nähtus toimub siis, kui elektronkiirele avaldavad mõju üle-mine ja alumine plaat. Kiir liigub algul aeglaselt ekraani mööda ülevalt alla, siis aga pöörduv hüppega ülesse tagasi.

Mis toimub aga siis, kui me mõlemad generaatorid ühe-aegselt sisse lülitame? Elektronkiir hakkab parem- ja vasakpoolse plaadi mõjul ekraanile pidevalt horisontaalseid jooni tõmbama, vertikaalsete plaatide mõjul aga kordkorralt ülalt alla nihkuma. Seetõttu ei asetu horisontaaljooned ekraanil ühele ja samale kohale, vaid üksteise alla.

Kui näiteks toru poolt vastuvõetav kujutis laotub 625 reaks ja kordub 25 korda sekundis, siis peab elektronkiir jõudma joonestada $\frac{1}{25}$ sekundi jooksul põiki üle ekraani 625 joont ja ainult üks kord liikuma ülalt alla. Seepärast peab horisontaalse laotuse generaator andma sekundis $625 \times 25 = 15\,625$ võnget, vertikaalse laotuse generaator aga ainult 25 võnget.

Kuna inimese silm tajub liikumist, mis kordub 25 korda sekundis, katkestumatuna, siis toru ja mõlema laotusgene-raatori sisselülitamisel me näeme ekraanil eredat helenda-vat riskülikut. Ainult tähelepanelikul vaatlemisel võib ära tunda, et see koosneb suurest hulgast peentest horisontaal-joontest.

Niisiis teostab katoodtoru vastuvõetava kujutise laota-mise väga lihtsalt ja peenelt. Selles ei ole ainustki liikuvat mehaanilist detaili — kogu kiire liikumise juhtimine toimub elektri abil. Laotamist võib teostada ka magnetvälja abil. Selleks paigutatakse väljapoole toru kaelale plaatide asemel kaks elektromagnetit. Ka sel juhul lastakse elektromag-netite mähhistest läbi vool, mis omab saehambataolise kuju.

Seni me saime teada ainult seda, kuidas elektronkiir teostab laotust. Mingit kujutist peale helendava risküliku seni ekraanil ei ole. On tarvis veel saavutada, et saatjalt lähetatavad signaalid juhiksid elektronkiirt. Selleks paiguta-takse peaaegu hõõgniidi vahetusse lähedusse veel üks elektrood — võre (joon. 17). See on samuti väike toru, mil-lest kulgeb läbi elektronkiir. Võrele juhitaksegi kaugnäge-

mise raadiosignaali, mis on saatjalt vastu võetud ja võimendatud.

Hoolimata kõrgest anoodpingest, mis kihutab elektrone suurte kiirusteni, võib toru võrele rakendatud võrdlemisi väikene negatiivne pinge järsult peatada sellest läbi lendavaid elektrone ja isegi osa neist tagasi tuua hõõgniidile. Samuti kui võimenduslambiski, on võre mõju elektronide voolule palju suurem kui kaugemalasetseva anoodi mõju. See on arusaadav: hõõgniidilt alles lahkunud elektronid ei jõua veel saavutada küllaldast kiirust, et ületada isegi võre väikese negatiivse pinge vastumõju ja lipsata läbi võre ekraanile. Toru ekraanile satub sel juhul ainult väike hulk elektrone ja helendav täpp jääb väga nõrgaks.

Vastupidi, kui toru võrel vähendada negatiivne pinge nullini, siis elektronide arv kiires suureneb järsult. Põrgates ekraanile, moodustab tihedam kiir ka eredama helendava täpi.

Nagu kaugnägemise mehaanilistes süsteemideski, peab saatja lahutava kiire liikumine olema väga täpselt kooskõlastatud vastuvõtutoru kiire liikumisega. Teisiti ei satu vastuvõetava kujutise kõik punktid oma kohtadele, ning kujutis on moonutatud. Et seda ei juhtuks, tuleb raadioteel koos kujutise signaalidega saata spetsiaalseid „kooskõlastamissignaale“ (sünkroniseerimissignaale). Nende signaalide järgi hakkab vastuvõtja elektronkiir laotama iga rida ja iga üksikpilti rangelt ühel ja samal ajal nende lahutamise algusega saatjal.

Toru, mida kasutas professor Rosing, oli vähem täiuslik kui äsjakirjeldatu. Sellest hoolimata õnnestus Rosingil 1911. a. ehitada mudel, millel ta esmakordselt maailmas saavutas elektronkiirega joonestatud kujutise. Ülekanne toimus väga lühikesel vahemaal — samas toas. Rosing kasutas saateseadises esialgu mehaanilist lahutamist kahe peegeltrumli abil, mis töötasid samuti, nagu Nipkovi ketaski.

Sellest ajast peale võitis elektronkiiretoru omale kiiresti koha kaugnägemises ja on nüüd igasuguse kaugnägemisvastuvõtja „südameks“.

Rosingi leiutis ei olnud lihtsalt õnnelik juhus. Töötades paljude aastate vältel kujutiste ülekanndmise alal, jõudis ta ammu enne oma kaasaegseid kindlale veendumusele, et mehaaniliste süsteemide abil on võimatu saavutada kaugnägemisülekannde kõrget kvaliteeti, ja et kaugnägemise

edasiarendamisel on ainsaks õigeks teeks üleminek elektronseadistele. Kui kaugele see ettenägelik teadlane Lääne-Euroopa teaduse tasemest ette jõudis, seda näitab järgmine fakt. 1922. aastal, kui ringhääling hakkas juba laialdaselt arenema, kinnitas tuntud saksa eriteadlane kaugnägemise alal D. Michaly oma raamatus „Nägemine kaugusesse“, et „katoodtoru tarvituselevõtmine kaugnägemise eesmärgil on praktiliselt teostamatu“. Kuid vaevalt aasta hiljem esitas B. L. Rosing meetodi kujutise elektroniliseks laotamiseks ka saateseadises.

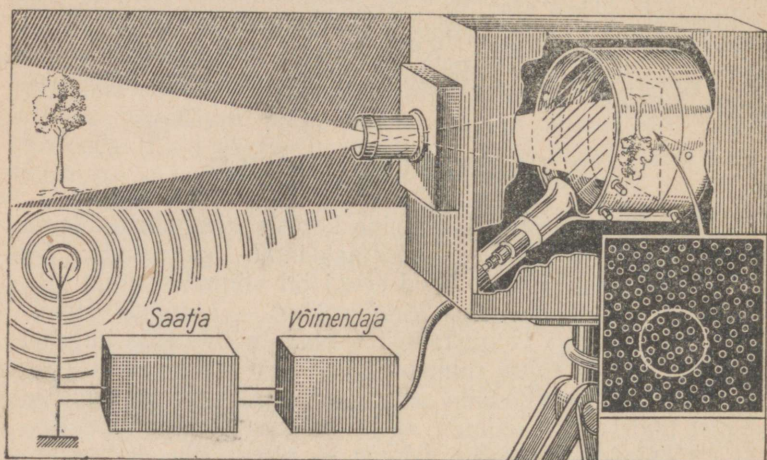
9. UUESTI KUNSTLIK SILM

Mehaaniline kujutise laotamine ketaste, peegeltrumlite ja muude seadiste abil ei võimaldanud saavutada üle 120—180-realist täpsust. Kuid seegi oli võimalik ainult siis, kui kujutisi kanti kaugusse kinofilmidest — kinolint võimaldab väga tugevat valgustamist. Elavate inimeste kujutist võidi edasi anda mitte rohkem kui 60—90-realise täpsusega. Kõiki katseid suurendada ridade arvu ja seega ka kujutise selgust takistas see asjaolu, et järjestikusel lahutamisel langes fotorakule väga vähe valgust — ainult ühe kettaaugu kaudu. Siin ei saanud aidata ka uued tundlikumad fotorakud. Sellest raskusest ülesaamiseks pidi otsima teistsuguseid abinõusid. Ning teadlaste ja leidurite mõtted pöörduvad uuesti kunstliku silma juurde tagasi. Tõepoolest — miks mitte koostada jälle ekraani suurest arvust väga väikestest fotorakkudest? Kuid teha nõnda, et kõigil fotorakkudel valguse toimel pidevalt tekkivad laengud koguneksid mõnda „hoidlasse“ ehk akumulaatorisse seniks kui saabub nende laotamise järjekord. Siis hakkab ekraan kõiki kujutise elemente vastu võtma üheaegselt ja pidevalt nagu silm; signaalide lahutamist ja ülekandmist aga teostama järjestikku nagu Nipkovi ketas.

Kuna mitmesugustele fotorakkudele hakkab langema valgust ebaühtlasel hulgal, siis igasse akumulaatorisse kogunevad suuruselt erinevad laengud. Edasi on ainult vaja järgemööda ühendada iga akumulaator võimenduslambi võrega ja muuta laeng raadiosignaalsiks. Selle meetodi kõrgekvaliteedilise elektron-kaugnägemissaatja ehitamiseks esitas esmakordselt B. L. Rosing, praktiliselt teostas selle aga nõukogude õpetlane S. I. Katajev. 1931. aastal leiutas

S. I. Katajev elektrisaatetoru niinimetatud mosaiikkatoodiga, mis on võimeline koguma ehk akumuleerima temal tekkivaid elektrilaenguid.

Katajevi toru avas kaugnagemise arenemises uue lehekülje. Selle konstruktsioon on toodud joonisel 19.



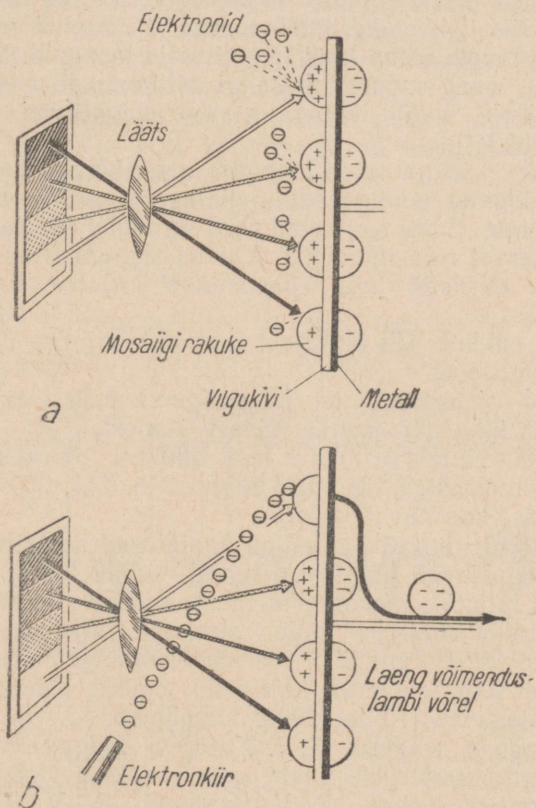
Joon. 19. Kaasaegne mosaiikkatoodiga saatetoru. Kõrval — mosaiik suurendatuna.

Kolvi ümmargusse ossa, millest õhk välja pumbatud, on paigutatud väga õhuke vilgukiviplaat. See on kaetud valgustundliku materjaliga, kuid mitte ühtlase kihina, nagu tavalistel fotorakkudel, vaid mosaiigi kujul, mis koosneb miljoneist üksteisest isoleeritud kübemeist (joon. 19, all). Iga kübe ongi tillukeseks fotorakuks. Oma mõõdetelt ja toimelt meenutavad need kübemed kepikesi ja kolvikesi, millest koosneb silma võrkkest. Vilgukivist plaadi tagakülg on üleni kaetud õhukese metallikihiga. Mosaiik, metallikiht ja vilgukivi moodustavad ühiselt niinimetatud kondensaatori — elektrilaengute kogumise ja säilitamise seadise.

Nüüd jälgime saatetoru tegevust. Edasiantav kujutis suunatakse objektiivi abil mosaiigile. Valguse toimel tungivad iga tillukese fotoraku valgustundlikust kihist välja elektronid (joon. 20, a). Nende hulk vastab langeva valguse eredusele. Kaotanud mõningal arvul elektrone, muutuvad

mosaiigi kübemed positiivselt laetuiks. Seega tekib mosa-
iigil, tõsi küll, varjatud kujul, pidevalt kujutise täpne
„elektriline koopia“, mis koosneb positiivseist laenguist.
Seal, kuhu valgust langeb rohkem, on laeng tugevam, seal,
kuhu vähem, on laeng nõrgem.

Pärast seda kui kogu mosaiik on saanud laengu, tuleb
temal tekkinud positiivsed elektrilaengud muuta tugevuselt
samasugusteks signaalideks ja kanda need üle võimendus-
lambile, kuid mitte kõik korraga, nagu silmas, vaid järge-
mööda.



Joon. 20. *a* — valguse toime valgustundlikule mosaiik-
kihile; *b* — elektronkiire toime laetud mosaiigile.

Neid mõlemaid ülesandeid täidab just samasugune lahutav elektronseadis nagu vastuvõtu-katoodtorulgi. Elektronkiir libiseb mööda mosaiigi pinda, läbides järjestikku elemendi elemendi ja rea rea järel. Niipea kui mosaiigi kübemekestele satub elektronkiir, haaravad nende positiivsed laengud sellest endale elektrone. Mosaiigi laeng kaob sel kohal silmapilkselt (joon. 20, b). Sellal kui elektronkiir jätkab libisemist mosaiigi alumistel piirkondadel, saavad ülemiste piirkondade kübemed uuesti laengu.

Mis aga toimub kondensaatori metallikihil? Kui mosaiigi pinnal tekib mitmes suuruses positiivseist laenguist varjatud kujutis, siis võimenduslambi võrega ühendatud metallikihil tuleb nähtavale sama hulk negatiivseid laenguid. Niipea kui positiivne laeng mõnest mosaiigi piirkonnast elektronkiire mõjul kaob, kaob temaga võrdne negatiivne laeng ka metallikihist (joon. 20, b).

Kõik need lakkamatud laengute arvu kõikumised metallikihil kanduvad neid tarviliku ulatuseni tugevdava elektronlambi võrele. Edasi saabuvad need signaalid raadiosaatjasse. Pärast tervet rida muundusi tekivad signaalid uuesti vastuvõtutoru ekraanil juba edasiantava kujutise üsna täpse koopiana.

Mida pakkus siis Katajevi toru uut kujutise ülekandmiseks kaugusesse?

Esiteks võimaldas ta kaugnägemisseadmetes lõplikult vabaneda liikuvaist mehaanilistest osadest.

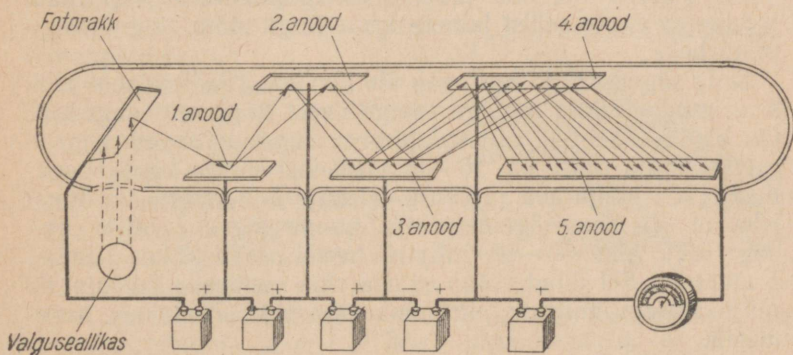
Teiseks võimaldab tohutu hulk tillukesi fotorakke, millest koosneb mosaiik, anda edasi selget 343, 441, 625 ja rohkesti reast koosnevat kujutist.

Lõpuks on mosaiikkatoodiga saatetorud seetõttu, et nad suudavad pidevalt koguda laenguid, tuhat korda tundlikumad kui kujutise mehaanilise lahutamise saatejad. Selliste torude rakendamise kadus otsekohe vajadus valgustada edasiantavaid stseene liiga eredalt. Kaugnägemisülekannetes esinejate töötingimused kujunesid umbes samasugusteks, nagu kinoülesvõtteil tavalistes stuudiotel.

Nõukogude teadlase S. I. Katajevi hiilgav edu osutus alles alguseks tervele reale uutele saavutustele sel alal. S. I. Katajevi enese, P. V. Šmakovi, P. V. Timofejevi, S. A. Vekšinski ja paljude teiste nõukogude teadlaste edasised tööd viisid saatetorude tundlikkuse kuni inimese silma tundlikkuseni ja võimaldasid kaugnägemissaatja viia kunst-

liku valgusega eredalt valgustatud stuudiotest spordiväljakuile, kontsertsaalidesse ja teatritesse, kongressidele ja konverentsidele. Just neid saateid nõukogude raadiovaatajad üksisilmi ootavadki.

1932. aastal leiutas nõukogude insener L. A. Kubetski eriti tundliku võimendustoru — fotoraku, mis kasutab sekundaarse elektronkordistuse nähtust. Selle nähtuse olemus on järgmine. Kui Kubetski torus fotoraku tundlikust kihist valguse poolt väljalöödud elektronid (joon. 21) põrkavad suure kiirusega toru esimese anoodi vastu, siis löövad nad anoodi pinnast välja uusi, sekundaarseid elektrone. Sekundaarsete elektronide hulk võib märksa ületada anoodi vastu alguses põrganud elektronide arvu. Esimesest anoodist väljalöödud elektronide liikumine kiireneb uuesti toru teise anoodi elektriväljal ja, sattudes selle anoodi pinnale, nad löövad sellest välja veel suurema arvu elektrone. Nende elektronide liikumine kiireneb kolmanda anoodi väljas, ja nad löövad temast samuti välja elektrone. Nii kordub see mitu korda.



Joon. 21. L. A. Kubetski sekundaarse elektronkordistuse toru.

Nii suureneb elektronide esialgne nõrk vool nagu lumepall ja saavutab oma teekonna lõpul sellise suuruse, millist võidakse saada ainult mitmelt järjestikku lülitatud võimenduslambilt. Ühendades ühte kesta saatetoru ja Kubetski toru, võidakse saada väga tundlik saatja.

Käesoleval ajal teostatakse kaugnägemist ainuüksi elektronseadiste abil: mosaiiktorudega, täiendava sekundaarse

elektronkordistajaga saatjas ja elektronkiiretorudega vastuvõtjais. Kõik need on vene teaduse saavutused.

Nõukogude Liidus kasutatakse kõige täiuslikumat kaugnägemissüsteemi. Moskva kaugnägemiskeskus saadab 625-realise täpsusega kujutisi, kuna Ameerika Ühendriikides antakse kõige paremaid saateid ainult 525-realise täpsusega. Leningradi katsekeskus saadab praegusel ajal 441-realise täpsusega kujutisi. Leningradi, Kiievi ja Sverdlovski jaoks projekteeritavad uued saatekeskused hakkavad samuti nagu Moskvagi saatma 625-realise täpsusega kujutisi.

10. ULTRALÜHILAINETEL

Esimesed alles puudulikud kaugnägemissaated pikkadel lainetel võtsid endi alla poolteist korda suurema sagedusriba kui tavaline ringhäälingujaam. Kujutise 625 reaks laotamisega kõrgekvaliteedilise kaugnägemise jaoks on vaja sagedusriba, mis võrdub 6 miljoni hertsiga. Selles ribas võiks töötada üle 600 tavalise raadiojaama. Ühelgi maal maailmas ei ole sellist lainete arvu kogu oma ringhäälingu otstarbeks.

Seda sagedusriba aga peab üle kandma raadiolainete abil, s. o. moduleerima temaga mingit veel kõrgemat sagedust. On kindlaks tehtud, et moduleeriva signaali sagedus peab moodustama mitte üle 10—15 protsendi saatja kandevasagedusest. Et mahutada ja saata 6 miljoni hertsiga võrduvat riba, ei või kaugnägemissaatja kandevasagedus mitte kuidagi olla alla 50—60 miljoni herts (lainepikkus umbes 5 meetrit). Sel juhul võtab saatja riba enda alla 54 kuni 60 miljoni herts suuruse piirkonna ehk nagu öeldakse, sagedusala.

Sellise laia sagedusribaga jaama saab ära mahutada üksnes ultralühilainete lainealas. Siin jätkub lõigus 30 kuni 300 megaherts (lainete pikkus 1 kuni 10 meetrit) ruumi 27 000 tavalisele ringhäälingujaamale. Nii suur mahutavus on ultralühilainete kõige suuremaks väärtuseks.

Teiseks paremuseks on see, et häirete mõju annab end ultralühilainetel vähem tunda kui teistel lainetel. Muusika ja kõne ülekanne ultralühilainetel üllatab seetõttu oma puhtuse ja loomulikkusega. Ultralühilainetel on teiste raadiolainetega võrreldes siiski rida olulisi puudusi. See on seotud

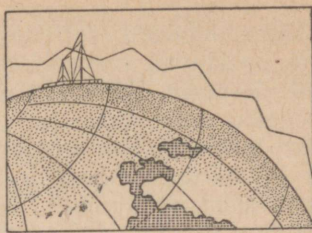
erinevate pikkustega elektromagnetiliste lainete levimise iseärasustega (joon. 22).

Elektromagnetilised lained kiirguvad tavaliselt igale poole. Osa laineid liigub lähtekohast maapinna kohal, teine osa laineid aga tõuseb ülespoole. Ülemistes väga hõredates õhukihtides tekivad päikesevalguse ultravioletsete kiirte lakka matul toimel niinimetatud ioniseeritud kihid, mis koosnevad ioonidest ja vabastest elektronidest. Elektromagnetilised lained, kohates oma teekonnal neid kihte, neelduvad osalt viimastesse, osalt aga peegelduvad nagu valgus peeglis ja pöörduvad tagasi maapinnale.

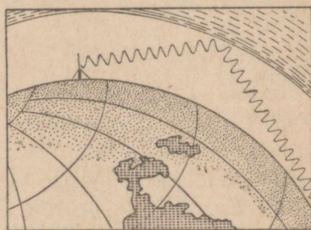
Pikad lained kulgevad väga hästi ja kaugele maapinna kohal, võivad ta ümber koolduda, ning ioniseeritud õhukihtidest peegeldunud väheldane osa laineid avaldab seetõttu lainete levimiskaugusele üsna tähtsusetut mõju.

Keskained neelduvad maasse tugevamini ja nad ei levi maapinna kohal kuigi kaugele. Nende tegevuskaugus aga suureneb selle tõttu, et tunduv osa laineid peegeldub ülemistest õhukihtidest tagasi.

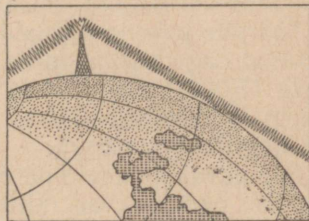
Lühilained neelduvad maasse nii intensiivselt, et maapinna kohal liikuvaid laineid ei saa avastada isegi nende lähtekoha lähedal. Seevastu peegelduvad lühilained ioniseeritud kihilt hästi maapinnale, seejärel maapinnalt uuesti ioniseeritud kihile ja nii viisi mitu korda, kuni lõplikult kustuvad. Kulgedes hüpetena, võivad lühilained levida mitu korda ringi ümber maakera.



a



b



c

Joon. 22. Raadiolainete levimine: a) pikad, b) lühikesed ja c) ultralühikesed.

Ultralühilained, sattudes maapinnale, hoonetele või puudele, neelduvad veel rohkem kui lühilained. Lained, mis lähevad ülespoole, läbivad tervikuna ioniseeritud õhukihi ega peegeldu maapinnale tagasi. Seetõttu võivad ultralühilained hästi levida üksnes sirgjoonel kuni horisondini, s. o. umbes 30—40 kilomeetri kaugusele. Lained, mis langevad lähemale horisondist, neelduvad. Lained, mis suunduvad horisondist kõrgemale, kaovad planeetidevahelisse ruumi (joon. 22).

Viimasel ajal on tehtud kindlaks, et mõningail soodsail tingimusil võivad ultralühilained pisut paindudes levida ka teisele poole horisonti, saavutades tegevuskauguse ulatuses 100—150 kilomeetrit.

Tõstes saatja antenni suurele kõrgusele, näiteks mäele, õnnestub ultralühilainete tegevuskaugust suurendada ligikaudu 100—200 kilomeetrit.

Me kõnelesime juba, et kogu ultralühilainete alasse saab mahutada 27 000 jaama. Kuna aga iga sellist jaama saab vastu võtta ainult 100 kilomeetri kaugusel, siis on ilmne, et igale 100—120 kilomeetrile võib paigutada 27 000 uut ultralühilainejaama! Segama nad üksteist ei hakka.

Säärane avarus võimaldab igale raadiosaatejaamale määratavat sagedusriba mitte enam piirata, vaid suurendada seda 15 000 hertsini. Pole raske määrata selles lainealas ka kaugnägemissaate jaoks riba, mis võrdub 600 tavalise ringhäälingujaama ribaga.

See ultralühilainete paremus osutub ühtlasi ka nende puuduseks: nad katavad mitte suurema pindala kui seda on Moskva või Leningradi pindala ühes nende lähima ümbrusega. Teistesse linnadesse peab seadma juba uued saatjad. See asjaolu vähendab järsult raadiovaatajate arvu eriti seal, kus asulad on üksteisest kaugel. Nii tekkis uus häda: ultralühilained kahandasid saadete kaugust. Kaugnägemise peamine väärtus ja veetlevus aga seisab selles, et oleks võimalik näha huvitavaid sündmusi just kauge maa tagant. Moskvas, Leningradis ja teistes suurlinnades, kus on olemas või ehitatakse kaugnägemise saatekeskusi, on elanikel võimalus külastada saatekavadesse võetavaid kontserte ja lavastusi. Teistsugune on lugu kauge provintsi, väikelinna või küla elanikega: nad saavad neid lavastusi näha üksnes oma vastuvõtja ekraanil. Seepärast on kaugnägemise alal töötavate teadlaste ja leidurite peamiseks eesmärgiks endiselt ultralühilainete tegevuskauguse suurendamine. Siis muutub

kujutiste ülekanne kaugustesse sõna tõsisel mõttes kaugnägemiseks.

Sellest, milliseid edusamme võib sel alal oodata, jutustame selle raamatu teises peatükis.

11. TÄHELEPANU, NÄITAB MOSKVA!

Moskvale lähenedes võib juba kaugelt näha imeilusat ažuurset torni (joon. 23). Ta suundub nii kergelt ja hoogsalt ülespoole, et tundub täiesti kaalutuna. Selle torni püstitas 1922. aastal V. I. Lenini ülesandel nõukogude esimese raadiosaatejaama jaoks andekas vene insener, hiljem auakadeemik V. G. Šuhhov.



Joon. 23. Moskva saatekeskus ja Šuhhovi torn.

Torni jalamile ehitati 1937. aastal Moskva kaugnägemis-
saadete keskuse hoone. Sellesse on mahutatud stuudiod,
aparaatide ruumid, raadiosaatjad ja kõik muu üsna suur ja
keerukas majapidamine.

Tegelikult on see keskus ühtlasi kinostuudioks, teatriks ja
võimsaks raadiojaamaks.

Esimene, mis stuudiote külastamisel silma torkab, on val-
gusemeri. Seda on siin rohkem kui kinostuudios. Moodsate
saatetorude suurest tundlikkusest hoolimata peavad edasi-
antavate lavastuste stseenid olema valgustatud väga eredalt.
Hoolikalt valitakse välja ka sobiv valguse koostis: saatetoru
mosaiik ei ole kõigi värvuste suhtes ühte viisi tundlik.

Stuudio valgustusseadmed kiirgavad väga suurel hulgal
soojust. Sellest hoolimata valitseb stuudiotest kogu aeg meel-
div jahedus. Erilised võimsad „kunstliku kliima“ masinad
puhastavad, jahutavad ja „pesevad“ stuudiotesse tulevat
õhku, hoides selle temperatuuri ja niiskuse ühesugusel tase-
mel. Stuudiote kogu õhumahtu võidakse vahetada paari
minuti jooksul.

Et kõrvalised helid stuudiosse ei tungiks ega moonutaks
saateid, peavad kõik ukсед ja aknad olema ehitatud erilisel
viisil ja õhukindlalt suletud. Stuudios eneses ei tohi saadete
ajal kosta mingeid liigseid helisid. Seepärast tuleb kõik sele-
tused teha valgussignaalide abil või leppemärkidega.

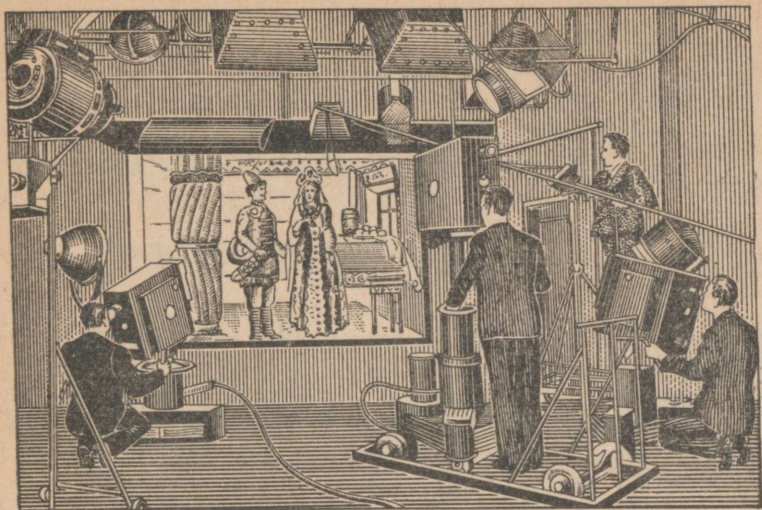
Käratuile vankrikestele on asetatud kaamerad, mis sisal-
davad tundlikke saatetorusid, jaotusgeneraatoreid, võimen-
dajaid ja muid seadiseid. Selleks et anda edasi niihästi kogu
stseeni kui ka suurendatuna kunstnike nägusid, võivad sel-
leks otstarbeks stuudio mitmesse kohta asetatud mitu kaa-
merat töötada üheaegselt (joon. 24.). Erinevalt teatrikülas-
tajast võib raadiovaataja näha stseeni mitmest vaatepunk-
tist, mis teeb saated huvitavamaks ja mitmekesisemaks.

Dekoratsioonid ja tegelased on stuudios asetatud laiali
mitmesse kohta. Niipea kui ühe stseeni ülekanne lõpeb, algab
varem valmis seatud lavalt otsekohe teise stseeni üle-
kanne. Seetõttu ei teki raadiovaatajail pikki vaheaegu.

Kaamerad ja mikrofoniid ühendatakse aparaatideruumiga
painduvate kaablite abil, mis võimaldavad aparatuuri vabalt
ümber asetada igasse punkti stuudios.

Eraldi saali on üles seatud aparaadid, milliste kaudu
tehakse ülekandeid parimaist nõukogude kinofilmidest.

Aparaatidesaali on seatud suur hulk kontrollvastuvõtjaid.



Joon. 24. Ülekande ajal studios.

Mitu inseneri ja tehnikut jälgib pidevalt ülekannete kvaliteeti: lahutamise teravust ja korrapärasust, sünkroniseerimise täpsust, valgustust jne. Vähimatki ebatäpsust ja viga näevad ju oma ekraanidel korraga kümned tuhanded raadiovaatajad.

Aparaatideruumi kaudu suunatakse signaalid saali, kus asetsevad võimsad ultralühilainedsaatjad.

Kujutisega üheaegselt antakse eri saatja kaudu edasi ka lavastuse helisaade — kõne või muusika. Kujutis antakse edasi sagedusel 49,75 megahertsi, heli aga sagedusel 56,25 megahertsi.

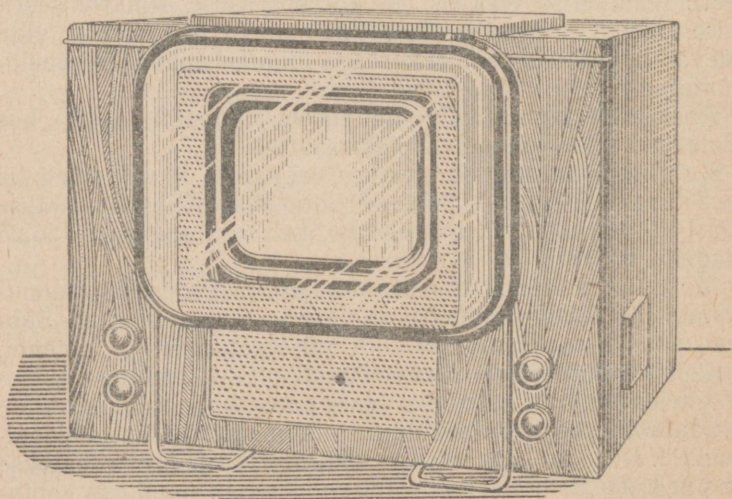
Mööda spetsiaalset kaablit, mis kogu sagedusriba moonusteta läbi laseb, juhitakse signaalid kujutise saatjalt Šuhovi torni tippu püstitatud kiirgamiseadmesse — antenni. Antenn on ehitatud nõnda, et võimalikult suurem osa elektromagnetilisi laineid suunduks igale poole horisontaalselt.

Saatekeskusega on seotud ka niinimetatud translatsioonipunktid. Need on kaamerad ja väikesed saatjad, mis seatakse üles neisse teatritesse, kontserdisaalidesse ja muudesse kohtadesse, kust korraldatakse regulaarseid ülekandeid. Neist translatsioonipunktidest antakse signaalid otsekui prožek-

toriga suunatud raadiokiirena edasi peakeskusele, kus nad püütakse kinni spetsiaalsete vastuvõtuseadistega. Pärast võimendamist antakse signaalid edasi keskuse peasaatjatega. Uusehitistelt, staadionidelt, parkidest, tänavailt ja igast muust kohast ülekannete tegemiseks kasutatakse eriliselt selleks autodele ülesseatud samasuguseid translatsioonipunkte.

12. TELEVIISOR — KAUGNÄGEMISE VASTUVÕTJA

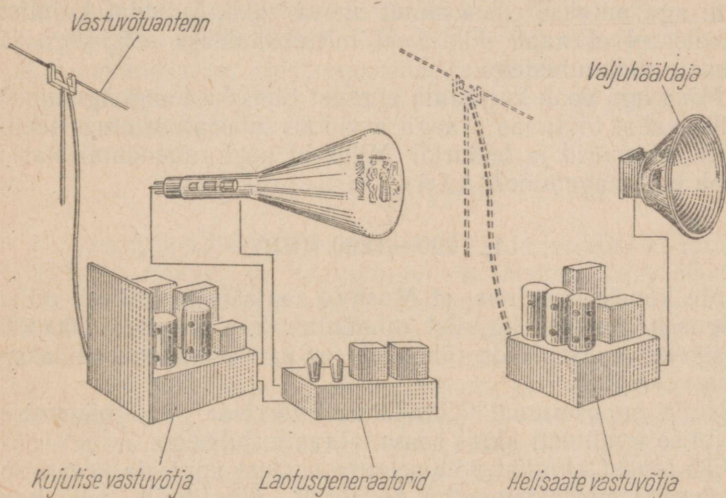
Põhiliselt koosneb iga kaugnägemise vastuvõtja nagu kahest vastuvõtjast: üks on kujutise signaalide ja kooskõlastamissignaali vastuvõtmiseks, mis saatjaga taktis juhivad elektroniire liikumist, ja teine — helisaate vastuvõtmiseks. Tema seadmine kahele televisioonikeskuse saatjale toimub ühe nupuga. Ühe nõukogude kaasaegse televiisori välimus on kujutatud joonisel 25. Kaugnägemise vastuvõtjates kasutatakse tavaliselt torusid, mis omavad 18- kuni 23-sentimeetrise läbimõõduga ümmarguse ekraani. Klubidele ja koolidele määratud seadiste vastuvõtjates tehakse ekraanid suuremad.



Joon. 25. Kaasaegne nõukogude televiisor suurenduslätsega.

Televiisori sisemine ehitus on väga keerukas. Seepärast esitame joonisel 26 ainult tema üksikute „sõlmede“ skeemi ja nende üldise otstarbe.

Kujutise ja heli kombineeritud signaal läheb alguses kõrgsagedusvõimendajasse. Edasi signaalid jagunevad: helisaate signaalid saavad seadisesse, mis millegagi ei erine tavalisest ringhäälingu vastuvõtjast, ja pärast mitut muundumist panevad tegevusse valjuhääldaja.



Joon. 26. Televiisori peamised „sõlmed“.

Kujutise liitsignaalid saavad omakorda seadisesse, mis neid võimendab ja siis kahte ossa jaotab. Kujutise moduleeritud signaalid kanduvad elektronkiiretoru võrele ja juhivad elektronide voolu. Elektronkiire laotuse juhtimise signaalid saavad horisontaalse ja vertikaalse kallutuse generaatoritele ja sunnivad neid alustama ja lõpetama oma saehamba-taolisi võnkeid rangelt taktis elektronkiire liikumisega mööda saatetoru mosaiiki.

Omaette sõlm annab vastuvõtja katoodorule kõrgepin- get, mis on vajalik toru ekraanile lendavate elektronide voolu kiirendamiseks.

Kaasaegsel kaugnägemise vastuvõtjal on 15 kuni 23 lampi, arvesse võtmata toru ennast. Toru ekraan piiratakse

tavaliselt täisnurkse raamiga, mille külgede suhe on 3:4. Vastuvõtja esipaneelile on koondatud reguleerimisnupud.

II. KAUGNÄGEMINE TULEVIKUS

Võib öelda, et kaugnägemine on alles viimaseil aastail jõudnud välja otsingute staadiumist ja saanud reaalsuseks. Seni aga antakse edasi ainult ühevärvilist, lamedat kujutist väheldasel ekraanil ikka veel mitteküllaldase selgusega ja ilmsete moonutustega.

Mida aga peab kujutama enesest tuleviku kaugnägemine? Mille kallal töötavad praegu arvukais laboratooriumes teadlased, insenerid ja leidurid? Milliseid uusi rakendamisalasid leiab kaugnägemine?

1. 1000—1200 RIDA

Me kõnelesime juba, et Moskva saatekeskus näitab nüüd selguselt parimat kujutist maailmas. See koosneb 500 000 üksikelemendist. Mida tähendab see arv ja millega võidakse teda võrrelda?

Nüüd on osutunud võimalikuks võrrelda kaugnägemise kujutise kvaliteeti kinos saavutatava kujutisega.

625-realist kujutist võib selguse poolest võrrelda keskmise eredusega projektsiooniga tavaliselt kinofilmilt või hea projektsiooniga kitsasfilmiaparaadilt. Kaugnägemises nagu kinoski on suure tähtsusega ka see, kas ese, mille kujutist me vaatleme, liigub või on ta liikumatu. Vaadeldes kinos mõnda kiiret liikumist, oleme ju sageli kujutise kvaliteedist täiesti rahuldatud ja meil ei teki isegi kahtlust, et see kujutis on üksikuis üksikpiltides tugevasti laiali valgunud.

Peab ütleva, et silmaga tajutav kujutise selgus ei suurene võrdeliselt elementide arvu suurenemisega. Ridade arvu kahekordistumine põhjustab kvaliteedi nähtava paranemise kõigest mõne protsendi võrra.

Viimasel ajal on tehtud edukaid laboratoorseid katseid 1050-realise kujutise edasiandmiseks. Selline kujutis koosneb peaaegu poolteisest miljonist elemendist! Selguselt vastab ta juba eredale projektsioonile uue kinofilmi healt äratõmbelt.

Kas on aga olemas piir elementide arvu suurendamisele?

Jah, on. Ja selle piiri määrab meie silm ise. Asi on selles, et silma kõige selgema nägemise piirkond haarab umbes 2 miljonit võrkkesta valgustundlikku elementi. Kui kujutis koostatakse suuremast elementide arvust, siis kujutise selgus ei suurene, sest silm ei suuda neid kõiki tajuda.

Seepärast on 1000—1200-realiste kujutiste ülekanded selleks sihiks, mida hakkavadki lähimail aastail taotlema kaugnägemise alal töötavad teadlased ja leidurid.

Ka saateseadiste ja torude tundlikkuse tõstmiseks on käimas töö. Kui lisada neile L. Kubetski torud, millistes kasutatakse sekundaarset elektronpaljundamist, siis osutub võimalikuks ka küünla, põleva tiku ja isegi kuu poolt valgustatud stseene edasi anda.

2. SUUR EKRAAN

Esimesed ja ebaõnnestunud katsed saata kujutisi kaugusse tehti suure ekraaniga. Saavutanud edu üksnes väga väikeste kujutiste edasiandmise teel, hakkasid leidurid mõtlema uuesti suurest ekraanist. Alguses asetati huumlambi ette suurendusklaas. Kujutis seejuures suurenes. Kui palju kordi aga kujutis suurenes, nii palju vähenes ta nähtav erendus. Kuna aga valgust selletagi ei jätkunud, siis eelistati kõige sagedamini vaadata väikest, kuid eredamat kujutist.

Elektronseadistega kaugnägemise süsteemides tõusis kujutise selgus tunduvalt. Oli vajalik lahendada uuel viisil ka suure ekraani ülesanne. Siin kujunes välja kaks järsult teineteisest erinevat teed.

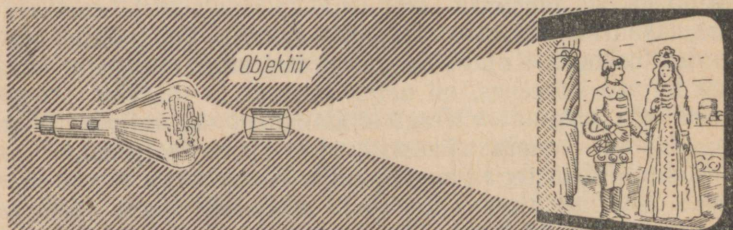
Üks nendest oli saada va kujutise otsese suurendamise tee.

Kõigepealt võib suurendada vastuvõtutoru enese mõõteid. Nüüdisaegne tööstus võib valmistada klaasist katoodtoru ekraani 60-sentimeetrilise läbimõõduga. Säärased torud aga on väga kogukad ja äärmiselt kallid. Teostatakse edukaid katseid metalltorude valmistamiseks, millistele tehakse klaasist ainult kolvi põhi ja kaetakse see fosfoorikihiga. Need torud näivad olevat lihtsamad ja odavamad.

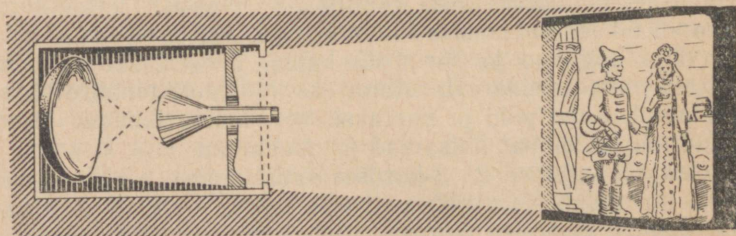
Nähtava kujutise 2—3-kordset suurenemist võib saavutada, kui tavalise toru ekraani ette panna suur, mitte klaasist valmistatud, — mis oleks väga kallis, — vaid läbipaistvast plastilisest massist stantsitud suurendusläätis (vt. joon. 25). Selline kujutiste suurendamine toimub aga nende ere-

duse vähenemise arvel. Läätsi võidakse seetõttu edukalt rakendada üksnes kõrgendatud eredusega katoodtorude puhul.

Võib valmistada projektsioonitoru väheldase, kuid äärmiselt ereda ekraaniga. Ereduse tõusu saavutatakse ekraanile langevate elektronide kiiruse märgatava suurendamisega. Kui pinge tavalise vastuvõtutoru kiirendusanoodil ületab harva 4000 volti, siis projektsioonitorus võib ta tõusta 50 000 ja enam voldini. Valgus sellise toru ekraanil saadud kujutiselt on niivõrd ere, et seda võidakse objektiiviga suunata suurele kinoekraanile (joon. 27) või peegeldada sellele nõguspeegli abil (joon. 28). Selliste torude eluiga on aga lühike, torud on kallid ja kogu seade keerukas. Häid tagajärgi võib oodata torult, mille eredus on veidi kõrgem kui tavalistel torudel. Kasutades optilist süsteemi, mille on teleskoopide jaoks välja töötanud nõukogude teadlane professor Maksutov, võib sellelt torult saada täiesti rahuldava projekt-



Joon. 27. Vastuvõtava kujutise projekteerimine suurele ekraanile objektiivi abil.

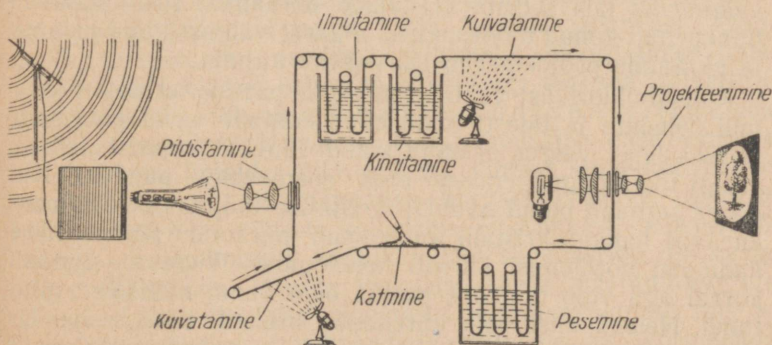


Joon. 28. Projekteerimine suurele ekraanile nõguspeegli abil.

siooni umbes meetrilaiusele ekraanile ja valmistada koolile, klubile või kodule võrdlemisi odava seadise.

Teine tee esitati esmakordselt 1925. aastal akadeemik A. A. Tšernõšovi poolt ja see saavutab nüüd iga aastaga üha suurema tunnustuse ja arengu. See on projekteerimine suurele ekraanile „valgusventiili“ abil. Siin ei muundu saadud signaalid vahetult valguseks, vaid käivitavad erilise reguleeriva „ventiiliseadise“, mis laseb läbi või pidurdab võimsalt väliselt valguseallikalt ekraanile suunduva valguse vihu. See on saadavate kujutissignaalide kaudse võimendamise tee.

Esimesel pilgul näib, et kõige lihtsamaks „valgusventiiliks“ on kinolint. Seetõttu tekkis idee — projekteerida kujutisi suurele ekraanile kinolindi abil — kõige varem, veel mehaanilise kaugnägemise päevil. Oma kõige täiuslikumal kujul näeb see süsteem välja nõnda: kujutis, mis saadakse vastuvõtutoru väikesel, kuid eredal ekraanil, pildistatakse tavalisel teel pidevalt liikuvale väga tundlikule kinolindile. Lindi edasi liikudes ilmutatakse ka kõvendavais lahustes, et mingisugusel määral kõrvaldada sel puhul vältimatut tugevat alavalgustust. Pärast pesemist, kinnistamist ja kuivatamist kulgeb lint läbi kinoaparaadi ja kujutis projekteeritakse suurele ekraanile. See meetod on kogu oma suhtelisest lihtsusest ja laboratooriumides saavutatud rahuldavaist tulemustest hoolimata majanduslikult äärmiselt ebakasulik. Iga kaugnägemissaate vastuvõtuks on paratamatult tarvilik kulutada



Joon. 29. Projekteerimine suurele ekraanile lõputu kinolindirõnga abil.

suurel hulgal kallihinnalist kinolinti ja muid materjale. Ker-
kib loomulik küsimus: kas ei oleks lihtsam toimetada vastu-
võtukohale tavalisi kinopilte? Seda enam, et moodsa kõrge-
kvaliteedilise saatja tegevuskaugust mõõdetakse kõigest
sadakonna kilomeetriga.

Konstruktorid aga, hoopiski mitte soovides kaugnägemist
asendada kinofilmidega, leidsid säärase tee: pärast ülesvõt-
mist, ilmutamist ja suurele ekraanile projektimist jõuab
lakkamatult liikuv lint seadme eriossa, kus talt pestakse
kasutatud kiht maha ja ta kaetakse uue valgustundliku
kihiga. Pärast seda on lint valmis uueks ülesvõtmiseks, ilmu-
tamiseks, projekteerimiseks jne.; lint võib sedaviisi liikuda
lõputu rõngana kuni tema täieliku kulumiseni (joon. 29).

Teravmeelsest ideest hoolimata pole siiani õnnestun-
ud luua sellist automaatset „vabrik-kino“, mis vastaks
täielikult püstitatud nõuetele. Kuid siiski osutatakse sellele
menetlusviisile viimaseil aastail rohkesti tähelepanu.

On tarvitusele võetud ka teistsugused valgusventiilid:
näiteks kaltsiumkloriidi (kloori ja kaltsiumi ühendi) kristal-
lidest ventiil. Õhuke kaltsiumkloriidist plaat või klaasplaat,
mis kaetud selle soola õhukese korruga, asetseb elektron-
kiiretoru meenutavas kolvis mosaiikfotoelemendi kohal.
Saatjalt tulevate signaalidega juhitud elektronkiir libiseb
mööda plaadi pinda nagu mööda saatetoru mosaiiki. Neis
kohtades, kuhu langeb elektronkiir, kaltsiumkloriidi kristal-
lid tumenevad. Tumenemisaste oleneb elektronkiire võim-
susest. Kui juhtida väliselt võimsalt valgusallikalt tulev
valgusvihk läbi selliste kristallide ekraanile, siis hakkavad
tumenenud kohad mõnesugusel määral valgust kinni pidama
ja ekraanile projekteerub edasiantav kujutis.

Kaltsiumkloriidist ventiilil on tõsine puudus: erinevus kris-
talli heledate ja täiesti tumenenud kohtade vahel pole suur
ja teda läbiv valgus ei anna küllalt ilmekat kujutist. Esineb
veelgi üks kaugnägemisele eriti ebameeldiv puudus. Kui
nõrga signaali puhul avaldab kristallile mõju nõrk elektron-
kiir, siis hakkab kristalli tumenenud piirkond pärast kiire
kadumist võrdlemisi kiiresti helenduma. Tugeva signaali
korral aga võib tumedus püsida õige kaua, mõnikord mitu
tundi. Helendumist võib kiirendada kristalli kiire soojenda-
misega. Praktiliselt kõlblikku seadet kaugnägemise projek-
teerimiseks suurele ekraanile selliste kristallide abil pole
siiani siiski õnnestunud saada.

3. ÜLEKANNE SUURTESSE KAUGUSTESSE

Varajasemad kaugnägemissüsteemid 30 ja 60 reaga võimaldasid saata pikkadel lainetel tuhandete kilomeetrite kaugusele. Laotusridade arvu suurenemine nõudis laia sagedusriba ja seepärast avati kaugnägemisele ultralühilainete avarus. Kuid me teame juba, et ultralühilained võivad ulatuda vaid väikesesse kaugusesse. Teistele lainetele ebaolulised takistused — kõrged hooned ja mäekingud — ahendavad veel enam nende lainete tegevusraadiust ja koos sellega ka ka võimalike vaatajate arvu.

Kvalitatiivselt hea kaugnägemine muutub „lähinägemiseks“, mida saab kasutada vaid piiratud ring inimesi.

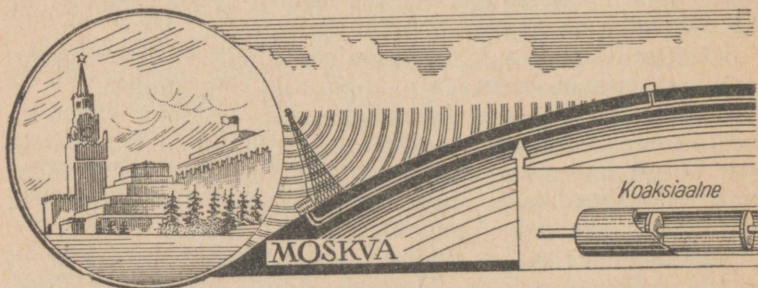
Sellest, kas õnnestub lahendada seda vastuolu, sõltub ka kaugnägemise tulevik: kas kaugnägemine kujuneb tehniliselt täiuslikuks ning kõige laiemaile massidele kättesaadavaks sidevahendiks ja kultuurse puhkuse veetmise abinõuks või üksnes üksikuile huvipakkuvaks ajaviiteks.

Üks lahendus saabus ammuhüljatud traadilt. On teada, et ainult alalisvool kulgeb ühtlaselt kogu traadi ristlõikes. Vahelduvvool käitub teisiti: mida kõrgem on ta sagedus, seda enam nihkub ta juhtme pinna poole. Seepärast on kõrgsageduslikku vahelduvvoolu kasulikum ja hõlpsam anda edasi õõnsate torude kaudu. Väga kõrgete sageduste puhul ei kulge vool isegi toru mööda; ta vaid libiseb piki toru pinda, kandes seejuures märksa väiksemaid kadusid.

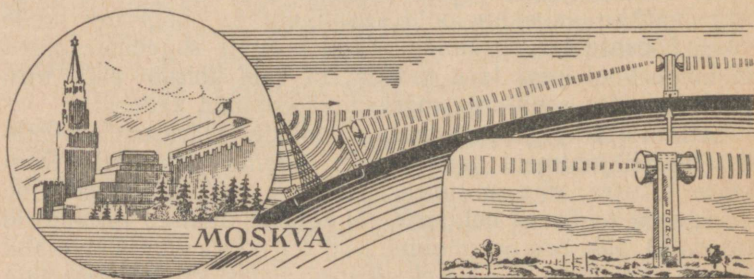
Seda väga kõrge sagedusega voolude iseärasust arvestades hakati juhtmeid nende jaoks tegema järgmiselt. Õõnsasse torusse, mis on üheks juhtmeks, paigutatakse teine juhe; seda toetavad helmeste või ketaste taolised isolaatorid (joon. 30, all). See on niinimetatud *kontsentriiline* ehk *koaksiaalne* kaabel. Kõrgsageduslik elektrienergia levib temas libisedes piki mõlema juhtme sisepinda. Sellise kaabli abil võib kaugnägemise kõrgsageduslikke signaale anda edasi üsna väheste kadudega, kuid peaasi — lasta läbi nende edasiandmiseks vajalikku laia sagedusriba. Et kaugnägemissignaale suurde kaugusse saata, püstitatakse iga 30—50 kilomeetri taha väheldased automaatjaamad, mis on tarvilikud selleks, et võimendada signaale ja kõrvaldada moonutusi. Niisugusel teel saab kaugnägemisprogramme ilma nende kvaliteedi märgatava alanemiseta saata mitme tuhande kilomeetri kaugusele. Translatsiooniliini lõpp-punktis

kanduvad signaalid kohaliku kaugraadiosaatja kaudu maailmaruumi.

Kui sellise kaabliga ühendada suur hulk linnu ja tähtsaid asulaid, siis, seadnud igasse neist oma väikese saatja, võib selle kaudu transleerida programmi, mis saabub ühest keskusest. Katnud maa translatsiooniliinidega (joon. 30), võib kaugnägemisele uuesti tagastada tema peamise veetlevuse ja väärtuse — suure tegevusraadiuse.



Joon. 30. Kujutiste ülekanne suurtesse kaugus-

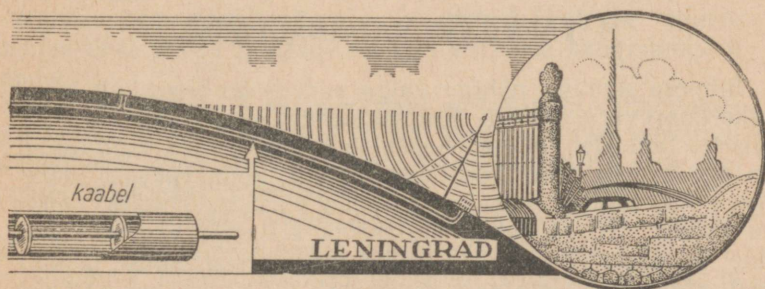


Joon. 31. Kujutiste transleeri-

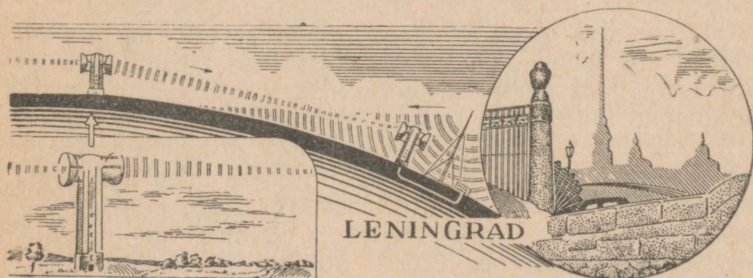
Teine ülesande lahendamise viis — kaugnägemissignaalide edasiandmine veelgi lühemal, detsimeeter- või koguni sentimeeterlainetel. Neid laineid on kerge koguda ja anda edasi õige kitsa kiire kujul. Selleks püstitatakse 30—50 kilomeetri kaugusele üksteisest kõrgete küngaste, tornide või hoonete otsa transleerivad raadiovastuvõtu- ja saatejaamad, mis on varustatud parabolsete peeglite ehk reflektoritega.

Kitsa vihuna saadetud signaalid püütakse reflektori poolt kinni, võimendatakse, antakse üle uuele saatjale ja kiiratakse järgmise jaamani (joon. 31).

Kaugnägemise saatekatsed lennukilt, mis lendab 10—12 kilomeetri kõrgusel stratosfääris, näitasid, et ka saatja märksa väiksema võimsuse puhul kui maapinnal suureneb tema tegevuskaugus järsult ja ulatub mitmesaja kilomeet-rini. Seejuures vähenevad signaalide moonutused, mis on



tesse (transleerimine) koaksiaalse kaabli abil.



mine suunatud raadiokiire abil.

põhjustatud raadiokiirte väärdest ja korduvatest peegeldustest ja kõrvalduvad peaaegu täielikult „surnud tsoonid“. Stratosfääris lendav lennuk ei karda tormi ega halba lennuilma, mis madalamais õhukihtides on väga sagedased. On olemas aparaadid, mis võimaldavad lennukil lennata ilma meeskonnata. Nende juhtimine teostub maapinnalt raadio kaudu. Üks selline lennuk-kaugnägemissaatja tuleb hulga

odavam kui sama territooriumi katmiseks vajalikud rohkearvulised maapealsed jaamad.

Mõni aasta tagasi õnnestus suunata raadiosignaal Kuule ja võtta ta peegeldus vastu Maa peal. Nüüd avaldatakse arvamust, et on võimalik saata sel teel kaugnägemissignaale. Kuult või Maa mõne kunstlikult loodud kaaslaste pinnalt peegeldunud signaalid võivad sattuda igasse piirkonda meie maal või koguni teise maailmajaku.

4. VÄRVILINE KAUGNÄGEMINE

Inimese silmaga nähtav valge värvus on tegelikult kõigi vikerkaarevärvide segu. Kui me näeme punasevärvilist eset, siis see tähendab, et ese peegeldab punaseid kiiri, kõik teised aga neelab. Võib koostada peaaegu kõiki värvasi, segades mitmesuguses vahekorras kolm värvust: punase, sinise ja kollase. Nii saadakse sinisest ja kollasest värvist roheline, punasest ja sinisest — lilla jne. Punast, sinist ja kollast värvust nimetatakse seepärast põhivärvusteks, helesinist, kollast ja purpurpunast aga täiendusvärvusteks (kui segada nad kõik, siis saadakse valge värvus).

Kui kunstniku paletil võib saada hõlpsasti värvasi ja varjundeid, mis võimaldavad imestamisväärse täpsuse ja tõepärasusega anda edasi eseme värvust, siis on värvilist fotot või kinopilti mitu korda raskem üles võtta.

Hea värvilise päevapildi saamiseks jätkub kolmest värvusest: punasest, sinisest ja rohelisest. Selleks tuleb üks kujutise ülesvõte teha läbi punase klaasi või valgusefiltri, teine ülesvõte läbi sinise valgusefiltri ja kolmas läbi rohelise valgusefiltri. Pärast negatiivide ilmutamist saadakse läbi paistval filmil 3 positiivi, mis värvitakse siis põhivärvuste täiendusvärvustes: helesiniseks, kollaseks ja purpurpunaseks. Positiivid erinevad üksteisest peale värvuse veel selle poolest, et ühed ja samad detailid paistavad ühtedel ülesvõtetel tumedamalt, teistel aga heledamalt. Asetades kõik kolm ühevärvilist kujutist täpselt üksteise peale, me näeme kujutist, milles esinevad peaaegu kõik värvased! See on ka arusaadav: segunedes kokku, hakkavad kolm täiendusvärvust, sõltuvalt igäühe eredusest, reprodutseerima kõiki põhivärvasi ja üleminekuvarjundeid. Sellest alustasidki värvilise kaugnägemise leiutajad. Nagu Nipkovi saatekettal, nii asetsesid

ka vastuvõtuketel ühe 30 auguga spiraali asemel 3 eraldi spiraali, mis olid kaetud värviliste klaasidega: punase, sinise ja rohelisega. Ketta ühe pöörde jooksul laotus üks ja sama kujutis järjestikku alguses 30 punaseks, siis 30 siniseks ja lõpuks 30 roheliseks reaks. Samasugune ketas asetati ka vastuvõtuseadisele. Pööreldes valge värvusega lambi ees segas ketas iga spiraaliga lahutatavad ühevärvilised kujutised üheks mitmevärviliseks kujutiseks. Esmakordselt esitas selle menetlusviisi nõukogude teadlane J. A. Adamian 1925. aastal.

Näivast lihtsusest hoolimata ei läinud valguse suurte kadude tõttu korda teostada sel teel värvilise kaugnägemise saadet.

Alles viimase 2—3 aasta jooksul on töötatud välja värviliste kujutiste edasiandmise viisid kaugnägemise elektron-süsteemides, kuid needki on enda keerukuse tõttu seni veel kaugel laialdasest rakendamisest.

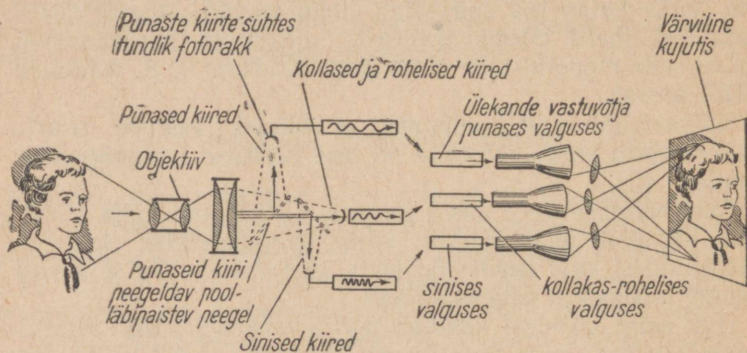
Üks neist viisidest kasutab pöörlevaid värvilisi filtreid. Saatetoru ees, mille mosaiik on ühte viisi tundlik kõigi värvuste suhtes, pöörleb kolmest filtrist — punasest, sinisest ja rohelisest — koosnev ketas. Edasiantavalt kujutiselt tulev valgus langeb nende filtrite kaudu järjestikku mosaiigile. Üksteisele järgnevad signaalid erinevad üksteisest tunduvalt, sest kujutise eredus mitmesugustes värvustes ei ole ühetaoline, fotoelement aga reageerib mitte värvusele, vaid valguse eredusele. Seega peab kujutise iga üksikpildi andma edasi kolm korda. Niisuguse saatja sagedusriba on ligi kolm korda suurem. Nii võrdub ta 525-realise täpsuse juures mustvalge kujutise edasiandmiseks vajaliku 6 miljoni hertsi asemel 16 miljoni hertsiga.

Vastuvõtuseadises toimub kirjeldatud protsess vastupidises korras. Vastuvõtutoru ees, mis helendab valge värvusega, pöörlevad samasugused filtrid nagu saatjalgi. Liikudes silma eest $\frac{1}{24}$ sekundiga mööda, liidavad need filtrid kolm eraldi värvilist kujutist üheks mitmevärviliseks kujutiseks.

Teises süsteemis kasutatakse kõigi värviliste signaalide üheaegset edasiandmist ilma filtriteta (joon. 32). Saatjas satub kujutist laotav valgusekiir alguses poolläbipaistvale peeglile, mis peegeldab kõrvalasetsevale punase värvuse suhtes tundlikule fotoelemendile ainult punaseid kiiri. Teised valgusekiired kulgevad läbi selle peegli edasi. Järgmine peegel peegeldab sinise värvuse suhtes tundlikule fotoele-

mendile siniseid kiiri. Teised kiired kulgevad fotoelementidele, mis on tundlik kollakasrohelse värvuse suhtes.

Sel viisil juba alguses jaotatud värvilised signaalid võimendatakse samuti lahus ja antakse üheaegu edasi kolme eri raadiosaatja poolt. Sellisel kõigi kolme värvuse üheaegsel edasiandmisel õnnestub ahendada sagedusriba kuni



Joon. 32. Kolme värvuse paralleelse ülekandega värvilise kaugnägemise skeem.

10—12 megahertsini. Vastuvõtuseadisel juhitakse need lahusolevad signaalid pärast võimendamist kolme eraldi-asetsevasse torusse, mis helenduvad punase, sinise ja rohelse valgusega (võib kasutada ka torusid, mis helenduvad ainuüksi valge valgusega, kuid siis peab igaühe ette asetama oma liikumatu värvilise filtri). Keeruka optilise seadise abil liidetakse kõigi kolme toru ekraanidel saadavad värvilised kujutised. Saadakse mitmevärviline kujutis, mis seejärel ekraanile projekteeritakse.

Esimesed edukad katsed värvilise kaugnägemise alal õnnestusid kõige paremini just nende kahe menetlusviisi järgi. Käesoleval ajal tehakse katseid kasutada vastuvõtjas kõigest üht toru, mille ekraan helendaks mitmevärviliselt sõltuvalt näiteks elektronikiire kiirusest.

5. RUUMILINE KAUGNÄGEMINE

Ruumilist kujutist on võrdlemisi hõlpus saada kõigis kaugnägemissüsteemides. Nii paigutati näiteks Nipkovi kettale selleks otstarbeks kaks ühetaolist spiraali, üks lähemale

ketta keskkohale, teine aga äärele. Üks spiraal vastas parema silma, teine — vasaku silma vaatepunktile. Fotoelementidele mõjus järgemööda valgus, mis läbis kord sisemise, kord välimise spiraali. Vastuvõtjas pöörles samasugune kahe spiraaliga ketas. Saadud kujutist vaadeldi läbi stereoskoobi — seadise, milles vasak silm näeb lambi valgust, mis läbib ainult ühe spiraali, parem silm aga näeb valgust, mis läbib ainult teise spiraali.

Üleminekuga elektronkaugnägemisele jäid tööd sellel alal ajutiselt tagaplaanile. Kuid värvilise kaugnägemise esimestes saadetes ilmnes ootamatult, et värviline kujutis on tunduval määral ka ruumiline! Seepärast nihkuvad tööd puht-ruumilise kaugnägemise loomise alal uuesti edasi, vähemalt kuni tööde eduka lõpetamiseni vävilise kaugnägemise alal ja suure ekraani rahuldavate süsteemide loomiseni.

6. KAUGNÄGEMISE UUED RAKENDUSALAD

Viimastel aastatel rakendatakse laialt seadiste ja aparaatide kaugjuhtimist. Tehase ükskõik missuguses tsehhis asetsevate mitmekesiste aparaatide näidud antakse edasi juhtimiskeskusse. Kuid real juhtumisel on äärmiselt soovitatav jälgida mitte üksnes aparaatide näitusid, vaid ka protsessi enese kulgemist. Seda ülesannet saab kergesti lahendada, seades vajalikesse kohtadesse kaugnägemiskaamerad, mis annavad kujutisi edasi keskusesse. Eriti tähtis on see neil juhtumisel, kus vahetu vaatlemine on võimatu või ohtlik, näiteks seal, kus toimuvad mõningad nüüdisaegsed keemilised reaktsioonid, plahvatused, kohtades, kus esineb väga kõrge temperatuur jne.

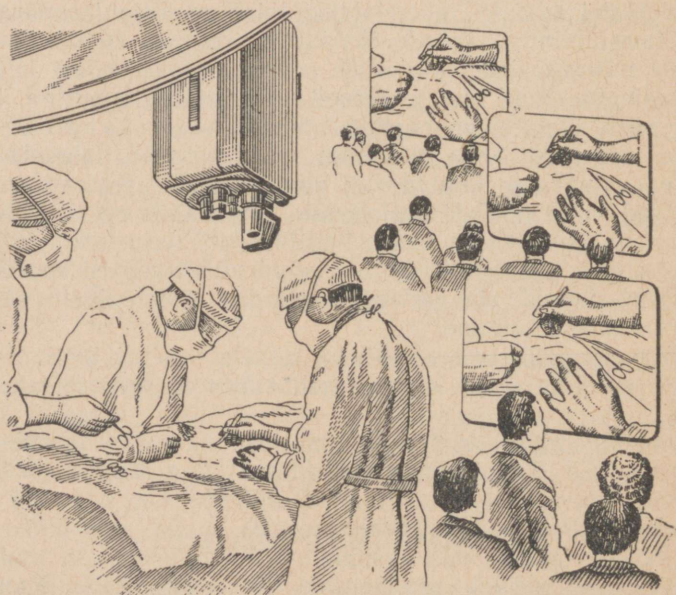
Kaugnägemiskaamera võib ka mõnda territooriumi „valvata“ ja kui vaja, siis ka rida mehhanisme tegevusse rakendada.

Kaugnägemisaparaat võib tunduval määral kergendada tuukrite tööd. Tavaliselt suudab kõige tublim tuuker viibida suures sügavuses kõigest mõned minutid. On hea, kui ta seejuures satub otse otsitavale esemele ja võib selle lühikese aja jooksul teha mõnda kasulikku tööd. Suurem osa tuukri tööst vee all piirdub aga kahjuks just otsingutega. Kaugnägemise abil võib toimetada nii otsimisi kui ka uurimisi, juhtida tuukri käsi asendavate haarderiistade, magnetite ja

teiste mehaaniliste seadiste tööd. Kaamerat võidakse lasta säärasesse sügavusse ja säärastesse kohtadesse, kuhu tuurker pole suuteline laskuma. Pealegi võib kaamerat kasutada aega piiramata.

Niisama edukalt nagu vee allgi, töötab kaugnägemiskaamera kõrguslennukil või raketis ja annab maapinnale edasi kõike seda, mida võib täheldada sellises kõrguses. Infrapunaste kiirte suhtes tundlike ekraanide rakendamine võimaldab näha öösi või läbi uduvina.

Ei mingid harukordsete ja raskete kirurgiliste operatsioonide isegi kõige hiilgavamad kirjeldused anna edasi sajandikugi osa sellest, mida võib ammutada kirurg, kes näeb oma parimate seltsimeeste tööd. Samal ajal aga saab, kirurgi tülitamata, vaadelda operatsiooni kõigis ta üksikasjus parimal juhul 2—3 inimest. Ka siin võib abistada kaugnägemine. Lõikuslaua kohale seatakse kaugnägemis-
saatja (joon. 33), operatsioonisaali naabruses olevaisse ruu-



Joon. 33. Televiisori abil vaadeldav kirurgiline operatsioon.

midesse aga televiisorid, mis võimaldavad suurel hulgal arstidel jälgida kõige keerukama operatsiooni kõiki detaile.

Loetletud näidetest piisab täielikult, et luua kujutus sellest, milliseks tähtsaks saavutiseks osutub nüüdisaegne kaugnägemine.

Esimese sõjajärgse viisaastaku suurte tööde plaanis osutati sellele nõukogude uuele tehnikaharule suurt tähelepanu. See plaan viidi meie teadlaste, leidurite, inseneride ja tööliste ühisel jõupingutusel ellu. Edukalt töötab uudse nõukogude aparatuuriga varustatud Moskva saatekeskus. Töötab katse-saatekeskus Leningradis, projekteeritakse uusi saatekeskusi Leningradis, Kiievis ja Sverdlovskis. Nõukogude tööstus on omandanud mitmet tüüpi kaugnägemisvastuvõtjate seeriaviisilise tootmise.

Innukalt on sellesse uude ja tähtsasse riiklikku üritusse lülitunud nõukogude raadioamatöörade liikumine, „suur rahvalaboratorium“, nagu seda nimetas NSV Liidu Teaduste Akadeemia president S. I. Vavilov. Raadioamatöörid ehitavad omal jõul reas linnades väikesi amatöörkeskusi kaugnägemissaate jaoks ja vastuvõtjaid. Omada kodus kaugnägemisvastuvõtjat on kujunenud paljude palavaks unistuseks. Ja see on täiesti arusaadav: mitte ühelgi maal ei esine säärast tungi kõige uudse ja eesrindliku poole kultuuri ja tehnika alal, nagu meil, Nõukogude Liidus.

Erinevalt kapitalistlikest maadest, kes kasutavad kaugnägemist kas hoolimatu reklaami vahendina või sõja ja hävitamise uue relvana, on Nõukogude Liit rakendanud kaugnägemise meie sotsialistliku isamaa progressi ja õitsengu teenistusse.



SISUKORD

I. Mis on kaugnägemine?	3
1. „Võlupeegel“	3
2. Kunstlik silm	4
3. Rändlev lamp	9
4. Nipkovi ketas	11
5. A. G. Stoletovi fotorakk	20
6. „Tundlik kõrv“	22
7. Kujutise ülekandmine raadiolainete abil	28
8. Elektronpliiats	30
9. Uuesti kunstlik silm	35
10. Ultralühilainetel	40
11. Tähelepanu, näitab Moskva!	43
12. Televiisor — kaugnägemise vastuvõtja	46
II. Kaugnägemine tulevikus	48
1. 1000—1200 rida	48
2. Suur ekraan	49
3. Ulekanne suurtesse kaugustesse	53
4. Värviline kaugnägemine	56
5. Ruumiline kaugnägemine	58
6. Kaugnägemise uued rakendusala	59

Toimetaja R. Mägi.

Kaane kujundus V. Toots.

Tehniline toimetaja K. Einberg.

Korrektorid V. Tomberg ja
H. Merimaa

Ladumisele antud 15. III 1952.

Trükkimisele antud 15. V 1952.

Paber 54×84, 1/16. Trükiarv 5000.

Trükipoognaid 4. Formaadile

60×92 kohaldatud trükipoog-

naid 3,28. Arvutuspoognaid 3,24.

MB-08288. Trükikoda „Punane

Täht“, Tallinn, Pikk t. 54/58.

Tellimise nr. 578.

На эстонском языке.

Hind rbl. 1.—

Rbl. 1.—